Curso C# Completo Programação Orientada a Objetos + Projetos

Capítulo: Expressões lambda, delegates e LINQ

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Uma experiência com Comparison<T>

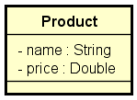
http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Problema

- Suponha uma classe Product com os atributos name e price. Suponha que precisamos ordenar uma lista de objetos Product.
- Podemos implementar a comparação de produtos por meio da implementação da interface IComparable<Product>
- Entretanto, desta forma nossa classe Product não fica fechada para alteração: se o critério de comparação mudar, precisaremos alterar a classe Product.
- Podemos então usar outra sobrecarga do método "Sort" da classe List:

```
public void Sort(Comparison<T> comparison)
```



Comparison<T> (System)

https://msdn.microsoft.com/en-us/library/tfakywbh(v=vs.110).aspx

```
public delegate int Comparison<in T>(T x, T y);
```

Método Sort com Comparison<T> da classe List:
https://msdn.microsoft.com/en-us/library/w56d4y5z%28v=vs.110%29.aspx

Resumo da aula

```
public void Sort(Comparison<T> comparison)
```

- Referência simples de método como parâmetro
- Referência de método atribuído a uma variável tipo delegate
- Expressão lambda atribuída a uma variável tipo delegate
- Expressão lambda inline

https://github.com/acenelio/lambda1-csharp

Programação funcional e cálculo lambda

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Paradigmas de programação

- **Imperativo** (C, Pascal, Fortran, Cobol)
- **Orientado a objetos** (C++, Object Pascal, Java (< 8), C# (< 3))
- **Funcional** (Haskell, Closure, Clean, Erlang)
- **Lógico** (Prolog)
- Multiparadigma (JavaScript, Java (8+), C# (3+), Ruby, Python, Go)

Paradigma funcional de programação

Baseado no formalismo matemático Cálculo Lambda (Church 1930)

	Programação Imperativa	**Programação Funcional**
Como se descreve algo a ser computado (*)	comandos ("como" - imperativa)	expressões ("o quê" - declarativa)
Funções possuem transparência referencial (ausência de efeitos colaterais)	fraco	forte
Objetos imutáveis (*)	raro	comum
Funções são objetos de primeira ordem	não	sim
Expressividade / código conciso	baixa	alta
Inferência de tipos	raro	comum
Execução tardia (lazy)	raro	comum

Transparência referencial

Uma função possui transparência referencial se seu resultado for sempre o mesmo para os mesmos dados de entrada. Benefícios: simplicidade e previsibilidade.

```
using System;

namespace Course {
    class Program {

        public static int globalValue = 3;

        static void Main(string[] args) {

            int[] vect = new int[] { 3, 4, 5 };
            ChangeOddValues(vect);
            Console.WriteLine(string.Join(" ", vect));
        }

        public static void ChangeOddValues(int[] numbers) {
            for (int i = 0; i < numbers.Length; i++) {
                if (numbers[i] % 2 != 0) {
                    numbers[i] += globalValue;
                }
            }
        }
    }
}
```

Exemplo de função que não é referencialmente transparente

Funções são objetos de primeira ordem (ou primeira classe)

Isso significa que funções podem, por exemplo, serem passadas como parâmetros de métodos, bem como retornadas como resultado de métodos.

```
class Program {

    static int CompareProducts(Product p1, Product p2) {
        return p1.Name.ToUpper().CompareTo(p2.Name.ToUpper());
    }

    static void Main(string[] args) {

        List<Product> list = new List<Product>();

        list.Add(new Product("TV", 900.00));
        list.Add(new Product("Notebook", 1200.00));
        list.Add(new Product("Tablet", 450.00));

        list.Sort(CompareProducts);

        (...)
```

Inferência de tipos

```
List<Product> list = new List<Product>();

list.Add(new Product("TV", 900.00));
list.Add(new Product("Notebook", 1200.00));
list.Add(new Product("Tablet", 450.00));

list.Sort((p1, p2) => p1.Name.ToUpper().CompareTo(p2.Name.ToUpper()));

foreach (Product p in list) {
    Console.WriteLine(p);
}
```

Expressividade / "como" vs. "o quê"

```
int sum = 0;
foreach (int x in list) {
    sum += x;
}
```

vs.

```
int sum = list.Aggregate(0, (x, y) => x + y);
```

O que são "expressões lambda"?

Em programação funcional, expressão lambda corresponde a uma função anônima de primeira classe.

```
class Program {

    static int CompareProducts(Product p1, Product p2) {
        return p1.Name.ToUpper().CompareTo(p2.Name.ToUpper());
    }

    static void Main(string[] args) {

        (...)

        list.Sort(CompareProducts);

        list.Sort((p1, p2) => p1.Name.ToUpper().CompareTo(p2.Name.ToUpper()));

        (...)
```

Resumo da aula

	Programação Imperativa	**Programação Funcional**
Como se descreve algo a ser computado (*)	comandos ("como" - imperativa)	expressões ("o quê" - declarativa)
Funções possuem transparência referencial (ausência de efeitos colaterais)	fraco	forte
Objetos imutáveis (*)	raro	comum
Funções são objetos de primeira ordem	não	sim
Expressividade / código conciso	baixa	alta
Tipagem dinâmica / inferência de tipos	raro	comum
Execução tardia (lazy)	raro	comum

Cálculo Lambda = formalismo matemático base da programação funcional

Expressão lambda = função anônima de primeira classe

Introdução a delegates

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Delegates

- https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/standard/delegates-lambdas
- É uma referência (com type safety) para um ou mais métodos
  - É um tipo referência
- Usos comuns:
  - Comunicação entre objetos de forma flexível e extensível (eventos / callbacks)
  - Parametrização de operações por métodos (programação funcional)

Delegates pré-definidos

- Action
- Func
- Predicate

Demo

```
namespace Course.Services {
    class CalculationService {

        public static double Max(double x, double y) {
            return (x > y) ? x : y;
        }

        public static double Sum(double x, double y) {
            return x + y;
        }

        public static double Square(double x) {
            return x * x;
        }
    }
}
```

Demo

```
using System;
using Course.Services;

namespace Course {

    delegate double BinaryNumericOperation(double n1, double n2);

    class Program {
        static void Main(string[] args) {
            double a = 10;
            double b = 12;

            // BinaryNumericOperation op = CalculationService.Sum;
            BinaryNumericOperation op = new BinaryNumericOperation(CalculationService.Sum);

            // double result = op(a, b);
            double result = op.Invoke(a, b);
            Console.WriteLine(result);
        }
    }
}
```

Multicast delegates

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Multicast delegates

- Delegates que guardam a referência para mais de um método
- Para adicionar uma referência, pode-se usar o operador +=
- A chamada Invoke (ou sintaxe reduzida) executa todos os métodos na ordem em que foram adicionados
- Seu uso faz sentido para métodos void

Demo

```
using System;

namespace Course.Services {
    class CalculationService {

        public static void ShowMax(double x, double y) {
            double max = (x > y) ? x : y;
            Console.WriteLine(max);
        }

        public static void ShowSum(double x, double y) {
            double sum = x + y;
            Console.WriteLine(sum);
        }
    }
}
```

```
using System;
using Course.Services;

namespace Course {

    delegate void BinaryNumericOperation(double n1, double n2);

    class Program {
        static void Main(string[] args) {
            double a = 10;
            double b = 12;

            BinaryNumericOperation op = CalculationService.ShowSum;
            op += CalculationService.ShowMax;
            op(a, b);
        }
    }
}
```

Predicate (exemplo com RemoveAll)

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Predicate (System)

- Representa um método que recebe um objeto do tipo T e retorna um valor booleano
  - https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bfcke1bz%28v=vs.110%29.aspx

```
public delegate bool Predicate<in T>(T obj);
```

Problema exemplo

Fazer um programa que, a partir de uma lista de produtos, remova da lista somente aqueles cujo preço mínimo seja 100.

```
List<Product> list = new List<Product>();

list.Add(new Product("Tv", 900.00));
list.Add(new Product("Mouse", 50.00));
list.Add(new Product("Tablet", 350.50));
list.Add(new Product("HD Case", 80.90));
```

https://github.com/acenelio/lambda2-csharp

Action (exemplo com ForEach)

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Action (System)

- Representa um método void que recebe zero ou mais argumentos
  - https://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.action%28v=vs.110%29.aspx

```
public delegate void Action();
public delegate void Action<in T>(T obj);
public delegate void Action<in T1, in T2>(T1 arg1, T2 arg2);
public delegate void Action<in T1, in T2, in T3>(T1 arg1, T2 arg2, T3 arg3);
(16 sobrecargas)
```

Problema exemplo

Fazer um programa que, a partir de uma lista de produtos, aumente o preço dos produtos em 10%.

```
List<Product> list = new List<Product>();

list.Add(new Product("Tv", 900.00));
list.Add(new Product("Mouse", 50.00));
list.Add(new Product("Tablet", 350.50));
list.Add(new Product("HD Case", 80.90));
```

https://github.com/acenelio/lambda3-csharp

Func (exemplo com Select)

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Func (System)

- Representa um método que recebe zero ou mais argumentos, e retorna um valor
  - https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb534960%28v=vs.110%29.aspx

```
public delegate TResult Func<out TResult>();
public delegate TResult Func<in T, out TResult>(T obj);
public delegate TResult Func<in T1, in T2, out TResult>(T1 arg1, T2 arg2);
public delegate TResult Func<in T1, in T2, in T3, out TResult>(T1 arg1, T2
arg2, T3 arg3);

(16 sobrecargas)
```

Problema exemplo

Fazer um programa que, a partir de uma lista de produtos, gere uma nova lista contendo os nomes dos produtos em caixa alta.

```
List<Product> list = new List<Product>();

list.Add(new Product("Tv", 900.00));
list.Add(new Product("Mouse", 50.00));
list.Add(new Product("Tablet", 350.50));
list.Add(new Product("HD Case", 80.90));
```

https://github.com/acenelio/lambda4-csharp

Nota sobre a função Select

- A função "Select" (pertencente ao LINQ) é uma função que aplica uma função a todos elementos de uma coleção, gerando assim uma nova coleção (do tipo IEnumerable).

```
List<int> numbers = new List<int> { 2, 3, 4 };
IEnumerable<int> newList = numbers.Select(x => 2 * x);
Console.WriteLine(string.Join(" ", newList));
```

4 6 8

Criando funções que recebem funções como argumento

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Recordando

- removeAll(Predicate)
- ForEach(Action)
- Select(Func)

Problema exemplo

Fazer um programa que, a partir de uma lista de produtos, calcule a soma dos preços somente dos produtos cujo nome começa com "T".

```
List<Product> list = new List<Product>();

list.Add(new Product("Tv", 900.00));
list.Add(new Product("Mouse", 50.00));
list.Add(new Product("Tablet", 350.50));
list.Add(new Product("HD Case", 80.90));
```

1250.50

https://github.com/acenelio/lambda5-csharp

Introdução ao LINQ

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

LINQ - Language Integrated Query

- É um conjunto de tecnologias baseadas na integração de funcionalidades de consulta diretamente na linguagem C#
  - Operações chamadas diretamente a partir das coleções
  - Consultas são objetos de primeira classe
  - Suporte do compilador e IntelliSense da IDE
- Namespace: System.Linq
- Possui diversas operações de consulta, cujos parâmetros tipicamente são expressões lambda ou expressões de sintaxe similar à SQL
- Referência:
  - https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/concepts/linq/index

Três passos

- Criar um data source (coleção, array, recurso de E/S, etc.)
- Definir a query
- Executar a query (foreach ou alguma operação terminal)

Demo

```
// Specify the data source.
int[] numbers = new int[] { 2, 3, 4, 5 };

// Define the query expression.
IEnumerable<int> result = numbers
    .Where(x => x % 2 == 0)
    .Select(x => 10 * x);

// Execute the query.
foreach (int x in result) {
    Console.WriteLine(x);
}
```

Operações do LINQ / Referências

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Operações do LINQ

- **Filtering**: Where, OfType
- **Sorting**: OrderBy, OrderByDescending, ThenBy, ThenByDescending, Reverse
- **Set**: Distinct, Except, Intersect, Union
- **Quantification**: All, Any, Contains
- **Projection**: Select, SelectMany
- **Partition**: Skip, Take
- **Join**: Join, GroupJoin
- **Grouping**: GroupBy
- **Generational**: Empty
- **Equality**: SequenceEquals
- **Element**: ElementAt, First, FirstOrDefault Last, LastOrDefault, Single, SingleOrDefault
- **Conversions**: AsEnumerable, AsQueryable
- **Concatenation**: Concat
- **Aggregation**: Aggregate, Average, Count, LongCount, Max, Min, Sum

Referências

- https://code.msdn.microsoft.com/101-LINQ-Samples-3fb9811b/view/SamplePack/1?sortBy=Popularity
- https://code.msdn.microsoft.com/101-LINQ-Samples-3fb9811b/view/SamplePack/2?sortBy=Popularity
- https://odetocode.com/articles/739.aspx

Demo: LINQ com Lambda

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Resumo da aula

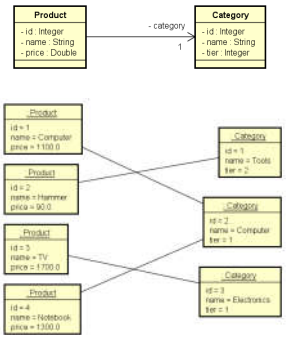
- Where (operação "filter" / "restrição")
- Select (operação "map" / "projeção")
- OrderBy, OrderByDescending, ThenBy, ThenByDescending
- Skip, Take
- First, FirstOrDefault Last, LastOrDefault, Single, SingleOrDefault
- Max, Min, Count, Sum, Average, Aggregate (operação "reduce")
- GroupBy

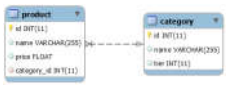
https://github.com/acenelio/linq-demo1

Nivelamento:
Álgebra Relacional e SQL

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves





CATEGORY

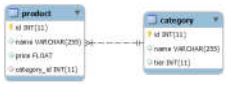
ID	NAME	TIER
1	Tools	2
2	Computers	1
3	Electronics	1

PRODUCT

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID
1	Computer	1100.0	2
2	Hammer	90.0	1
3	TV	1700.0	3
4	Notebook	1300.0	2

Operações básicas da álgebra relacional

- Restrição
- Projeção
- Produto cartesiano
- Junção (produto cartesiano + restrição de chaves correspondentes)



Operação "produto cartesiano":

```
SELECT *
FROM PRODUCT, CATEGORY
```

CATEGORY

ID	NAME	TIER
1	Tools	2
2	Computers	1
3	Electronics	1

PRODUCT

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID
1	Computer	1100.0	2
2	Hammer	90.0	1
3	TV	1700.0	3
4	Notebook	1300.0	2

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
1	Computer	1100.0	2	1	Tools	2
2	Hammer	90.0	1	1	Tools	2
3	TV	1700.0	3	1	Tools	2
4	Notebook	1300.0	2	1	Tools	2
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
2	Hammer	90.0	1	2	Computers	1
3	TV	1700.0	3	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1
1	Computer	1100.0	2	3	Electronics	1
2	Hammer	90.0	1	3	Electronics	1
3	TV	1700.0	3	3	Electronics	1
4	Notebook	1300.0	2	3	Electronics	1

Operação "junção":

```
SELECT *
FROM PRODUCT, CATEGORY
WHERE
  PRODUCT.CATEGORY_ID = CATEGORY.ID
```

```
SELECT *
FROM PRODUCT
INNER JOIN CATEGORY cat
  ON PRODUCT.CATEGORY_ID = cat.ID
```

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
1	Computer	1100.0	2	1	Tools	2
2	Hammer	90.0	1	1	Tools	2
3	TV	1700.0	3	1	Tools	2
4	Notebook	1300.0	2	1	Tools	2
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
2	Hammer	90.0	1	2	Computers	1
3	TV	1700.0	3	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1
1	Computer	1100.0	2	3	Electronics	1
2	Hammer	90.0	1	3	Electronics	1
3	TV	1700.0	3	3	Electronics	1
4	Notebook	1300.0	2	3	Electronics	1

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
2	Hammer	90.0	1	1	Tools	2
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1
3	TV	1700.0	3	3	Electronics	1

Operação "restrição":

```
SELECT *
FROM PRODUCT
INNER JOIN CATEGORY cat ON PRODUCT.CATEGORY_ID = cat.ID
WHERE CATEGORY.NAME = 'Computers'
```

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
1	Computer	1100.0	2	1	Tools	2
2	Hammer	90.0	1	1	Tools	2
3	TV	1700.0	3	1	Tools	2
4	Notebook	1300.0	2	1	Tools	2
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
2	Hammer	90.0	1	2	Computers	1
3	TV	1700.0	3	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1
1	Computer	1100.0	2	3	Electronics	1
2	Hammer	90.0	1	3	Electronics	1
3	TV	1700.0	3	3	Electronics	1
4	Notebook	1300.0	2	3	Electronics	1

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
2	Hammer	90.0	1	1	Tools	2
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1
3	TV	1700.0	3	3	Electronics	1

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1

Operação "projeção":

```
SELECT PRODUCT.*, CATEGORY.NAME
FROM PRODUCT
INNER JOIN CATEGORY cat ON PRODUCT.CATEGORY_ID = cat.ID
WHERE CATEGORY.NAME = 'Computers'
```

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
1	Computer	1100.0	2	1	Tools	2
2	Hammer	90.0	1	1	Tools	2
3	TV	1700.0	3	1	Tools	2
4	Notebook	1300.0	2	1	Tools	2
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
2	Hammer	90.0	1	2	Computers	1
3	TV	1700.0	3	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1
1	Computer	1100.0	2	3	Electronics	1
2	Hammer	90.0	1	3	Electronics	1
3	TV	1700.0	3	3	Electronics	1
4	Notebook	1300.0	2	3	Electronics	1

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
2	Hammer	90.0	1	1	Tools	2
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1
3	TV	1700.0	3	3	Electronics	1

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1

ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	NAME
1	Computer	1100.0	2	Computers
4	Notebook	1300.0	2	Computers

Demo: LINQ com notação similar a SQL

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Código fonte

- https://github.com/acenelio/linq-demo2

Exercício resolvido

http://educandoweb.com.br

Prof. Dr. Nelio Alves

Fazer um programa para ler um conjunto de produtos a partir de um arquivo em formato .csv (suponha que exista pelo menos um produto).

Em seguida mostrar o preço médio dos produtos. Depois, mostrar os nomes, em ordem decrescente, dos produtos que possuem preço inferior ao preço médio.

Veja exemplo na próxima página.

https://github.com/acenelio/lambda6-csharp

Input file:

```
Tv,900.00
Mouse,50.00
Tablet,350.50
HD Case,80.90
Computer,850.00
Monitor,290.00
```

Execution:

```
Enter full file path: c:\temp\in.txt
Average price: 420.23
Tablet
Mouse
Monitor
HD Case
```

https://github.com/acenelio/lambda6-csharp

Exercício de fixação

http://educandoweb.com.br

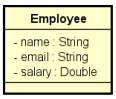
Prof. Dr. Nelio Alves

Fazer um programa para ler os dados (nome, email e salário) de funcionários a partir de um arquivo em formato .csv.

Em seguida mostrar, em ordem alfabética, o email dos funcionários cujo salário seja superior a um dado valor fornecido pelo usuário.

Mostrar também a soma dos salários dos funcionários cujo nome começa com a letra 'M'.

Veja exemplo na próxima página.



https://github.com/acenelio/lambda7-csharp

Input file:

```
Maria,maria@gmail.com,3200.00
Alex,alex@gmail.com,1900.00
Marco,marco@gmail.com,1700.00
Bob,bob@gmail.com,3500.00
Anna,anna@gmail.com,2800.00
```

Execution:

```
Enter full file path: c:\temp\in.txt
Enter salary: 2000.00
Email of people whose salary is more than 2000.00:
anna@gmail.com
bob@gmail.com
maria@gmail.com
Sum of salary of people whose name starts with 'M': 4900.00
```

https://github.com/acenelio/lambda7-csharp