

Curso C# Completo

Programação Orientada a Objetos + Projetos

Capítulo: Expressões lambda, delegates e LINQ

<http://educandoweb.com.br>

Prof. Dr. Nelio Alves

Aula - 228

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)
```

Product
- name : String
- price : Double

Comparison<T> (System)

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

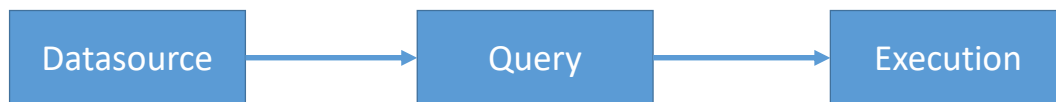
Prof. Dr. Nelio Alves

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

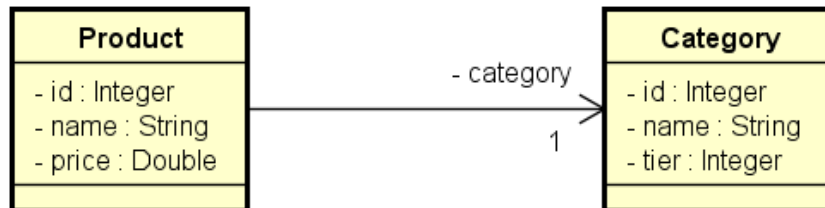
Referências

- <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

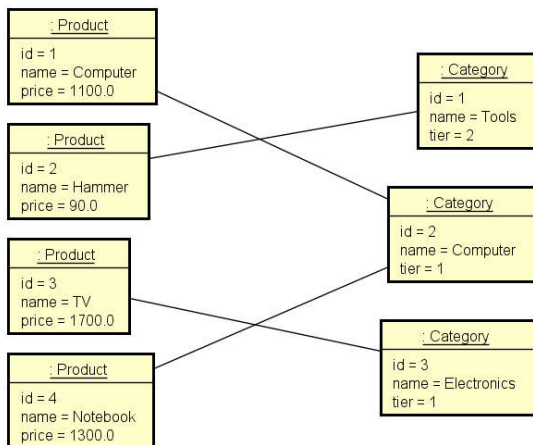
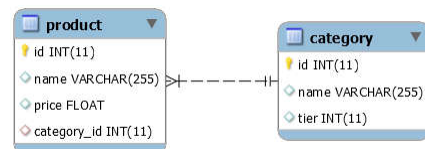
- Where (operação "filter" / "restrição")
- Select (operação "map" / "projeção")
- OrderBy, OrderByDescending, ThenBy, ThenByDescending
- Skip, Take
- First, FirstOrDefault, Last, LastOrDefault, Single, SingleOrDefault
- Max, Min, Count, Sum, Average, Aggregate (operação "reduce")
- GroupBy

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

Nivelamento: Álgebra Relacional e SQL

<http://educandoweb.com.br>

Prof. Dr. Nelio Alves



CATEGORY

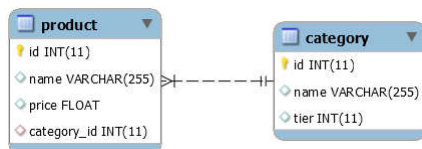
ID	NAME	TIER
1	Tools	2
2	Computers	1
3	Electronics	1

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)



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

Operação "produto cartesiano":

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

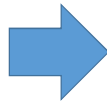
ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
1	Computer	1100.0	2	1	Tools	2
2	Hammer	90.0	1	1	Tools	2
3	TV	1700.0	3	1	Tools	2
4	Notebook	1300.0	2	1	Tools	2
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
2	Hammer	90.0	1	2	Computers	1
3	TV	1700.0	3	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1
1	Computer	1100.0	2	3	Electronics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

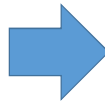


ID	NAME	PRICE	CATEGORY_ID	ID	NAME	TIER
1	Computer	1100.0	2	2	Computers	1
4	Notebook	1300.0	2	2	Computers	1

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.

Employee
- name : String
- email : String
- salary : Double

<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>