Обобщенные типы и итераторы

1. Реализация динамического массива

До этого момента мы работали с массивами (`int[]` , `string[]` и т.д.). Главное ограничение массивов в C# состоит в том, что их **длина фиксирована**. Мы должны заранее знать, сколько элементов нужно сохранить.

Но часто мы не знаем заранее, сколько элементов должно быть в массиве. Поэтому нам нужен **динамический массив**, который изменяет свой размер, при добавлении и удалении элементов.

В C# для этого уже есть готовый класс `List<T>` , но мы пока сделаем свой собственный — чтобы понять, как он устроен внутри.

Сначала ограничимся простейшим случаем: список чисел (`int`). Мы создадим класс `MyListInt` , внутри которого будем хранить обычный массив, а при переполнении увеличивать его размер.

Идея реализации

1. Внутри класса есть обычный массив `int[] items` .
2. Есть поле `count` , которое хранит текущее количество элементов.
3. Метод `Add` добавляет новый элемент в конец массива.
   - Если массив переполнен, создаём новый массив в 2 раза больше и копируем туда все элементы.
4. Метод `RemoveAt(int index)` удаляет элемент по индексу.
5. Индексатор `this[int index]` даёт доступ к элементу, как в обычном массиве.

Пример

```
class MyListInt
{
    private int[] items;   // внутренний массив
    private int count;     // текущее количество элементов

    public MyListInt()
    {
        items = new int[4]; // начальный размер
        count = 0;
    }
    // Количество элементов в списке
    public int Count => count;

    // Добавление элемента
    public void Add(int value)
    {
        if (count == items.Length)
            Resize();

        items[count] = value;
        count++;
    }
    // Удаление по индексу
    public void RemoveAt(int index)
    {
        if (index < 0 || index >= count)
            throw new ArgumentOutOfRangeException();

        for (int i = index; i < count - 1; i++)
        {
```

```
            items[i] = items[i + 1];
        }

        count--;
    }
    // Индексатор (доступ как к массиву)
    public int this[int index]
    {
        get
        {
            if (index < 0 || index >= count)
                throw new ArgumentOutOfRangeException();
            return items[index];
        }
        set
        {
            if (index < 0 || index >= count)
                throw new ArgumentOutOfRangeException();
            items[index] = value;
        }
    }
    // Увеличение массива в 2 раза
    private void Resize()
    {
        int newSize = items.Length * 2;
        int[] newArray = new int[newSize];
        for (int i = 0; i < items.Length; i++)
            newArray[i] = items[i];
        items = newArray;
    }
}
```

Пример работы

```
var list = new MyListInt();
list.Add(10);
list.Add(20);
list.Add(30);
list.Add(40);
list.Add(50); // здесь массив увеличится автоматически

Console.WriteLine(list.Count); // 5
Console.WriteLine(list[2]);    // 30

list.RemoveAt(1);              // удалим число 20
Console.WriteLine(list[1]);    // теперь это 30
```

Универсальность и проблема типизации

Мы сделали свой `MyListInt`, который отлично работает с числами.
Но что будет, если нам нужен список строк? Или список чисел с плавающей точкой (`double`)?

Тогда придётся писать отдельные классы:

```
class MyListString { /* всё то же самое, но со string */ }
class MyListDouble { /* то же самое, но с double */ }
```

Очевидно, это неудобно:

- код приходится дублировать;
- любые исправления придётся вносить во все версии;
- класс становится негибким.

Попытка решения через `object`

В C# все типы (и значения, и ссылки) в конечном счёте наследуются от `object`.
Значит, можно было бы хранить внутри списка **массив** `object[]`, и тогда в один список можно добавлять всё подряд:

Пример

```
class MyListObject {
    private object[] items;
    private int count;
    public MyListObject() {
        items = new object[4];
        count = 0;
    }
    public void Add(object value) {
        if (count == items.Length) Resize();
        items[count] = value;
        count++;
    }
    public object this[int index] => items[index];
    private void Resize() {
        object[] newArray = new object[items.Length * 2];
        for (int i = 0; i < items.Length; i++)
            newArray[i] = items[i];
        items = newArray;
    }
}
```

Теперь можно сделать так:

```
var list = new MyListObject();
list.Add(10);
list.Add("Hello");
list.Add(3.14);
```

Список стал универсальным. Но у этого решения есть **серьёзная проблема**.

Проблема

Когда мы достаём элемент, он имеет тип `object`.
Чтобы использовать его по назначению, нужно сделать **приведение типа**:

```
int number = (int)list[0];      // работает
string text = (string)list[1]; // работает
double pi = (double)list[2];   // работает
```

Но что, если мы ошиблись?

```
int error = (int)list[1]; // InvalidCastException во время выполнения!
```

Компилятор не может проверить такие ошибки на этапе компиляции, потому что все элементы — это просто `object`.
Значит, баги проявятся только во время запуска программы.
Такое решение небезопасно.

2. Обобщенные типы (Generics)

Чтобы избежать дублирования кода и ошибок времени выполнения, в C# есть **обобщённые типы** (*generics*).

Определение:
Обобщённые типы позволяют писать один класс или метод, который работает с разными типами данных, оставаясь при этом **типобезопасным**.

Другими словами, мы описываем алгоритм один раз, а компилятор сам подставляет конкретные типы.

Пример: универсальный список

```
class MyList<T>
{
    private T[] items;
    private int count;

    public MyList()
    {
        items = new T[4];
        count = 0;
    }
    public int Count => count;
    public void Add(T value)
    {
        if (count == items.Length)
            Resize();
        items[count] = value;
        count++;
    }
    public T this[int index] => items[index];
```

```
    private void Resize()
    {
        T[] newArray = new T[items.Length * 2];
        for (int i = 0; i < items.Length; i++)
            newArray[i] = items[i];
        items = newArray;
    }
}
```

Теперь мы можем использовать один и тот же класс для разных типов данных:

```
var intList = new MyList<int>();
intList.Add(10);
intList.Add(20);
Console.WriteLine(intList[0]); // 10

var stringList = new MyList<string>();
stringList.Add("Hello");
stringList.Add("World");
Console.WriteLine(stringList[1]); // World

var pointList = new MyList<Point>();
pointList.Add(new Point { X = 1, Y = 2 });
```

- `MyList<int>` — работает только с числами `int`.
- `MyList<string>` — только со строками.
- `MyList<Point>` — с нашими объектами `Point`.

При этом код списка **один и тот же**.

Почему обобщенные типы лучше чем `object`

1. **Безопасность типов**
   Ошибки приводятся на этапе компиляции:
   ```
   var list = new MyList<int>();
   list.Add("text"); // ошибка компиляции
   ```
2. **Нет затрат на приведение типов (casting)**
   При использовании `object` приходится постоянно делать downcast, а это замедляет программу.
   Дженерики работают без таких накладных расходов.
3. **Универсальность без дублирования**
   Код пишется один раз, а компилятор генерирует версии для каждого типа.

Таким образом, дженерики объединяют **удобство** (как у `object`) и **безопасность** (как у специализированных классов).

Синтаксис и возможности обобщенных типов

Мы уже сделали универсальный класс `MyList<T>`, который работает с любыми типами.
Но generics в C# дают намного больше возможностей, чем просто обобщённые коллекции.

Обобщённые методы

Помимо классов, generic-параметры можно использовать и в методах.

Пример: метод, который меняет местами два значения:

```
static void Swap<T>(ref T a, ref T b)
{
    T temp = a;
    a = b;
    b = temp;
}
```

Использование:

```
int x = 10, y = 20;
Swap(ref x, ref y);
Console.WriteLine($"{x}, {y}"); // 20, 10

string s1 = "Hello", s2 = "World";
Swap(ref s1, ref s2);
Console.WriteLine($"{s1}, {s2}"); // World, Hello
```

Обратите внимание: метод один, но работает с любыми типами (`int`, `string`, `Point` и т.д.).
Компилятор сам подставляет тип в `<T>` во время вызова.

Несколько параметров

У generics может быть не один, а несколько параметров.
Например, сделаем простейшую пару значений:

```
class Pair<TFirst, TSecond>
{
    public TFirst First { get; set; }
    public TSecond Second { get; set; }

    public Pair(TFirst first, TSecond second)
    {
        First = first;
        Second = second;
    }
}
```

Использование:

```
var pair1 = new Pair<int, string>(1, "One");
Console.WriteLine($"{pair1.First} - {pair1.Second}");

var pair2 = new Pair<string, bool>("Active", true);
Console.WriteLine($"{pair2.First} = {pair2.Second}");
```

Мы получаем удобную структуру для хранения двух связанных значений, но при этом они могут быть любого типа.

Ограничения (`where`)

Иногда нужно ограничить, какие типы можно использовать.
Для этого есть ключевое слово `where`.

Пример 1. Ограничение по ссылочному типу

```
class MyRepository<T> where T : class
{
    public void Save(T item) { /* ... */ }
}
```

Теперь `T` должен быть ссылочным типом:

```
var repo1 = new MyRepository<string>(); // ок
var repo2 = new MyRepository<int>();    // ошибка: int — значимый тип
```

Пример 2. Ограничение по интерфейсу

```
class MyComparer<T> where T : IComparable<T>
{
    public bool IsGreater(T a, T b) => a.CompareTo(b) > 0;
}
```

Использование:

```
var cmp = new MyComparer<int>();
Console.WriteLine(cmp.IsGreater(10, 5)); // true
```

Пример 3. Ограничение наличием конструктора

```
class Factory<T> where T : new()
{
    public T Create() => new T();
}
```

Теперь можно создавать объекты типа `T`, но только если у них есть конструктор без параметров.

3. IEnumerable и IEnumerator

Перебор коллекции

Давайте вспомним, какие циклы есть в языке C# и в каких ситуациях каждый из них нужно использовать:

1. `for` — когда есть явный счётчик.
2. `foreach` — когда нам нужно просто перебрать все элементы в коллекции.
3. `while` — во всех остальных случаях.

Если мы попробуем использовать созданный нами динамический массив `MyList<T>` в конструкции `foreach`, то получим ошибку компиляции:

```
var list = new MyList<int>();
list.Add(10);
list.Add(20);

foreach (var item in list) // Ошибка!
{
    Console.WriteLine(item);
}
```

Почему так?
Компилятор требует, чтобы тип поддерживал **перечисление элементов** через специальные интерфейсы.

IEnumerable и IEnumerator

- **IEnumerable** — интерфейс, который говорит:
  «Объект можно перечислить».
  В нём есть метод `GetEnumerator()`, который возвращает объект-итератор.
- **IEnumerator** — интерфейс самого **итератора** (обходчика).
  В нём есть:
  - свойство `Current` — текущий элемент,
  - метод `MoveNext()` — переход к следующему элементу (возвращает `true`, если ещё есть элементы),
  - метод `Reset()` (обычно не используется).

Конструкция `foreach` «под капотом» работает так:

1. Вызывает `GetEnumerator()` у коллекции.
2. В цикле вызывает `MoveNext()`.
3. Берёт `Current`.

Реализация в `MyList<T>`

Сделаем `MyList<T>` перечисляемым:

```
class MyList<T> : IEnumerable<T>
{
    private T[] _items;
    private int _count;

    public MyList()
    {
        _items = new T[4];
        _count = 0;
    }

    public void Add(T item)
    {
        if (_count == _items.Length)
        {
            Array.Resize(ref _items, _items.Length * 2);
        }
        _items[_count++] = item;
    }

    public int Count => _count;

    // Реализация IEnumerable<T>
    public IEnumerator<T> GetEnumerator()
    {
        return new MyEnumerator(this);
    }
```

```
    IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator() => GetEnumerator();

    // Внутренний класс-итератор
    private class MyEnumerator : IEnumerator<T>
    {
        private MyList<T> _list;
        private int _index;

        public MyEnumerator(MyList<T> list)
        {
            _list = list;
            _index = -1; // перед первым элементом
        }

        public T Current => _list._items[_index];

        object IEnumerator.Current => Current;

        public bool MoveNext()
        {
            _index++;
            return _index < _list._count;
        }

        public void Reset()
        {
            _index = -1;
        }

        public void Dispose() { }
    }
}
```

Использование

Теперь `MyList<T>` можно перебирать в `foreach`:

```
var numbers = new MyList<int>();
numbers.Add(1);
numbers.Add(2);
numbers.Add(3);

foreach (var n in numbers)
{
    Console.WriteLine(n);
}
```

Вывод:

```
1
2
3
```

4. `yield return`

Как вы могли заметить, реализация `IEnumerable` и `IEnumerator` занимает много места: отдельный класс-итератор, поля, `MoveNext`, `Reset`, `Dispose` и т.д.

Для упрощения в C# придумали специальный механизм: `yield return`.

Что делает `yield return`

- Позволяет описывать **последовательность элементов** простым способом.
- Компилятор сам «за кулисами» создаёт класс-итератор и реализует `IEnumerator`.
- Каждый `yield return` возвращает **один элемент коллекции**.
- Когда цикл `foreach` снова запрашивает элемент, метод **продолжается с того же места**, где он был остановлен.

Реализация в `MyList<T>`

Раньше мы писали вручную класс `MyEnumerator`.
Теперь можно упростить `GetEnumerator()`:

```
class MyList<T> : IEnumerable<T>
{
    private T[] _items;
    private int _count;

    public MyList()
    {
        _items = new T[4];
        _count = 0;
    }
```

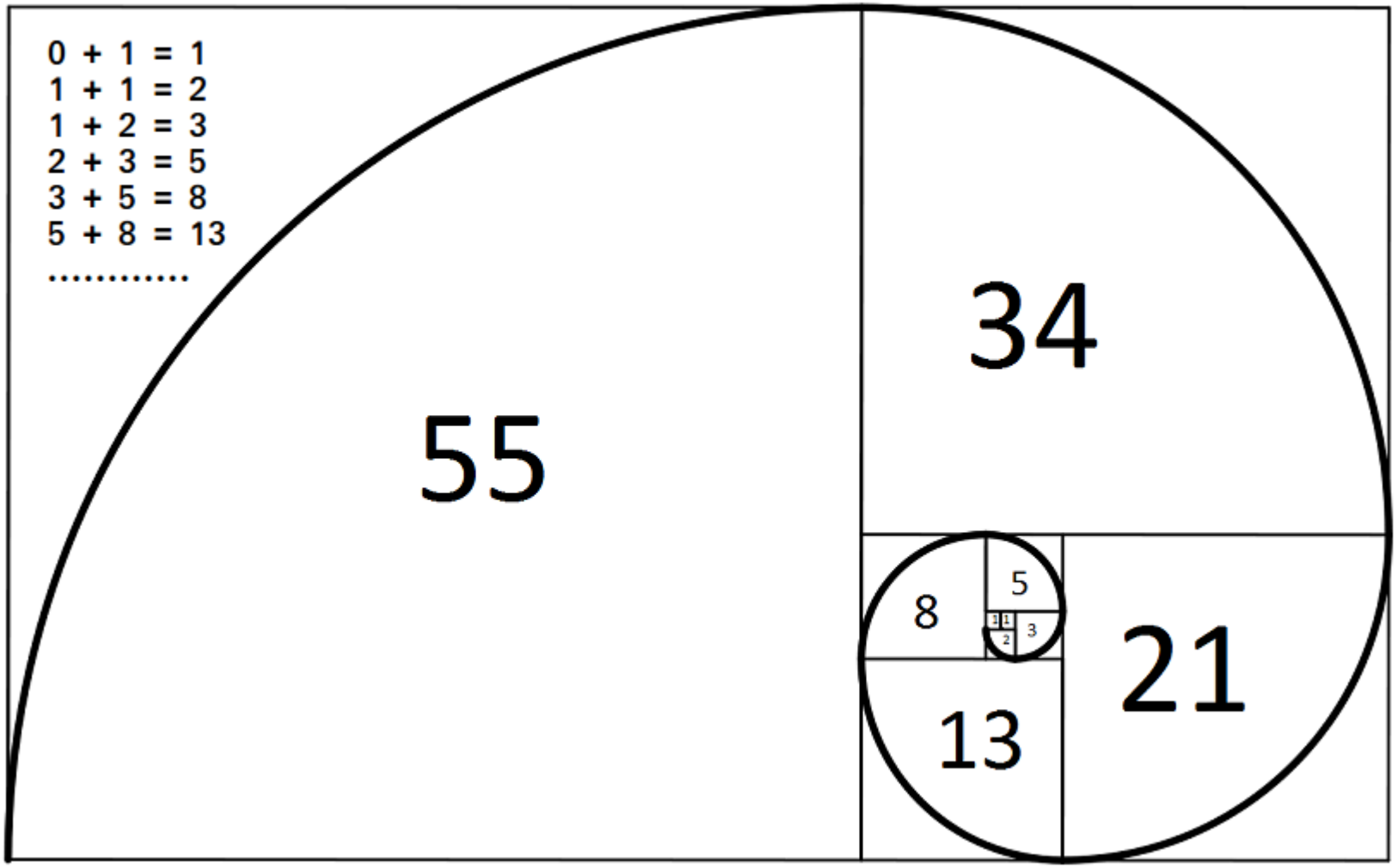
```
    public void Add(T item)
    {
        if (_count == _items.Length)
        {
            Array.Resize(ref _items, _items.Length * 2);
        }
        _items[_count++] = item;
    }

    public int Count => _count;

    // Реализация IEnumerable<T> через yield return
    public IEnumerator<T> GetEnumerator()
    {
        for (int i = 0; i < _count; i++)
        {
            yield return _items[i];
        }
    }

    IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator() => GetEnumerator();
}
```

Теперь класс стал намного проще, а `foreach` работает так же, как и раньше.

Пример ленивой коллекции

`yield return` позволяет создавать **ленивые последовательности** — т.е. элементы вычисляются **по запросу**, только когда они реально нужны.

Например ,нам нужно вывести бесконечную последовательность чисел Фибоначчи, которые задаются очень простым правилом: каждое следующее число равно сумме двух предыдущих, а первые два числа это единицы: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144 ...



Пример

```
IEnumerable<int> Fibonacci()
{
    int a = 0, b = 1;
    while (true)
    {
        yield return a;
        int temp = a + b;
        a = b;
        b = temp;
    }
}
```

Использование:

```
foreach (var num in Fibonacci())
{
    if (num > 1000) break;
    Console.WriteLine(num);
}
```

Практическое задание

Что нужно сделать:

1. **Обновите класс `TodoList`:**
   - Задачи должны храниться в списке, а не в массиве.
   - Поле со списком должно быть **приватным**.
   - Удалите метод для увеличения массива (`IncreaseArray`), он больше не нужен.
   - Реализуйте **индексатор** для доступа к задачам по индексу:
   - Реализуйте метод-итератор с использованием `yield return` , чтобы можно было перебирать задачи через `foreach` .
2. **Расширьте статусы задач:**
   - В классе `TodoItem` замените булево поле `IsDone` на свойство `Status` с типом перечисления (`enum`):

```
public enum TodoStatus
{
    NotStarted,   // не начато
    InProgress,   // в процессе
    Completed,    // выполнено
    Postponed,    // отложено
    Failed        // провалено
}
```

3. **Измените команды:**
   - Создайте команду `StatusCommand` , которая позволяет изменять статус задачи.
     - Пример ввода:

```
status 2 inprogress
status 1 completed
```

     - В `CommandParser` добавьте разбор команды `status` , в `Parse` преобразуйте строку в `enum` .
     - Убедитесь, что при работе программы корректно загружаются и сохраняются новые статусы.

4. **Измените все связанные классы и методы:**
   - В `TodoList` замените метод `Done(int index)` на метод `SetStatus(int index, TodoStatus status)`.
   - В `ViewCommand` обновите вывод списка задач так, чтобы вместо `true/false` отображалось текстовое значение статуса.
   - Добавьте описание команды `status` в команде `help`.
   - В `FileManager` при сохранении и загрузке CSV вместо булевого значения используйте `status.ToString()` и `Enum.Parse<TodoStatus>()`.
   - Удалите все, что было связано со старой командой `done`.
5. Делайте коммиты после **каждого изменения**. Один большой коммит будет оцениваться в два раза ниже.
6. Обновите **README.md** — добавьте описание новых возможностей программы.
7. Сделайте push изменений в GitHub.