

Рефлексия

Юрий Литвинов
y.litvinov@spbu.ru

02.11.2021

Рефлексия

- ▶ Позволяет во время выполнения получать информацию о типах
 - ▶ И главное, создавать объекты этих типов и вызывать их методы
- ▶ Зачем:
 - ▶ Плагины
 - ▶ Анализаторы кода
 - ▶ Тестовые системы
 - ▶ Библиотеки сериализации
 - ▶ Библиотеки для работы с базами данных
 - ▶ Inversion of Control-контейнеры
 - ▶ ...
- ▶ Проблемы:
 - ▶ Медленно
 - ▶ Нет помощи от системы типов

Рефлексия в .NET

- ▶ Пространство имён System.Reflection
- ▶ Байт-код хранит всю информацию о типах
 - ▶ И даже параметрах-типах у генериков, в отличие от Java
- ▶ Самая крупная штука, которой оперирует рефлексия — **сборка**
 - ▶ .dll или .exe, единица развёртывания программы
 - ▶ На самом деле это неправда, детали см. в CLR via C#
- ▶ Сборка хранит метаинформацию:
 - ▶ Таблицы модулей, типов, методов, полей, параметров, свойств и событий
- ▶ На всё это можно посмотреть в ILDasm
- ▶ AppDomain — логическая группа сборок во время выполнения

Загрузка сборки

```
public class Assembly {  
    public static Assembly Load(AssemblyName assemblyRef);  
    public static Assembly Load(String assemblyString);  
    public static Assembly Load(byte[] rawAssembly)  
    public static Assembly LoadFrom(String path);  
    public static Assembly ReflectionOnlyLoad(String assemblyString);  
    public static Assembly ReflectionOnlyLoadFrom(String assemblyFile);  
}
```

например,

```
var a = Assembly.LoadFrom(@"http://example.com/ExampleAssembly.dll");
```

Такая сборка должна быть ещё не загружена. Выгружать сборки нельзя.

Сильные и слабые имена сборок (1)

- ▶ Сильные сборки подписаны асимметричным шифром
 - ▶ Публичная часть ключа внедряется в саму сборку
 - ▶ От сборки считается SHA-1-хеш, шифруется приватным ключом и внедряется в сборку
 - ▶ CLR при загрузке сборки считывает от неё SHA-1-хеш и проверяет, что он совпал с подписанным
 - ▶ Позволяет проверить, что сборка именно такая, какой её собирал автор, но не позволяет проверить идентичность автора

Сильные и слабые имена сборок (2)

- ▶ Пример сильного имени:

"MyTypes, Version=1.0.8123.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089"

- ▶ Однозначно идентифицирует сборку
- ▶ PublicKeyToken — короткий хеш публичного ключа
 - ▶ Естественно, не криптостоек, поэтому CLR проверяет настоящий ключ при загрузке сборки
- ▶ Сборка с сильным именем может ссылаться только на сборки с сильными именами
- ▶ Сборка с сильным именем может быть установлена в GAC
 - ▶ GACUtil — утилита для манипуляции GAC, в стандартной поставке

Пример

Распечатать имена всех типов в сборке

```
using System;  
using System.Reflection;
```

```
public static class Program {  
    public static void Main() {  
        string dataAssembly = "System.Data, version=4.0.0.0, "  
            + "culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089";  
        LoadAssemblyAndShowPublicTypes(dataAssembly);  
    }  
  
    private static void LoadAssemblyAndShowPublicTypes(string assemblyId) {  
        var a = Assembly.Load(assemblyId);  
        foreach (Type t in a.ExportedTypes) {  
            Console.WriteLine(t.FullName);  
        }  
    }  
}
```

Создание экземпляра объекта

- ▶ `System.Activator.CreateInstance` — можно передавать тип или строку с именем типа
 - ▶ Версии со строкой возвращают `System.Runtime.Remoting.ObjectHandle`, надо вызвать `Unwrap()`
- ▶ `System.Activator.CreateInstanceFrom` — вызывает `LoadFrom` для сборки
- ▶ `System.Reflection.ConstructorInfo.Invoke` — просто вызов конструктора (несколько дольше писать, чем предыдущие варианты)
- ▶ Рефлексия ничего не знает о синонимах
 - ▶ То есть `int` везде называется `System.Int32`

Пример:

```
var zero = Activator.CreateInstance("mscorlib.dll", "System.Int32").Unwrap();
```


Создание экземпляра типа-генерика

```
using System;
using System.Reflection;

internal sealed class Dictionary<TKey, TValue> { }

public static class Program {
    public static void Main() {
        Type openType = typeof(Dictionary<,>);
        Type closedType = openType.MakeGenericType(
            typeof(String), typeof(Int32));
        Object o = Activator.CreateInstance(closedType);
        Console.WriteLine(o.GetType());
    }
}
```

Пример: как сделать свою плагинную систему

- ▶ Сделать отдельную сборку с описанием интерфейса плагина и типов данных, которые он использует
 - ▶ Менять её будет очень проблематично
- ▶ Сделать “ядро системы” — отдельную сборку, ссылающуюся на сборку с интерфейсом плагина
- ▶ Делать набор плагинов, ссылающихся на сборку с интерфейсом плагина и реализующих его

Пример: интерфейс плагина

```
namespace MyCoolSystem.SDK {  
    public interface IAddIn {  
        string DoSomething(int x);  
    }  
}
```

Пример: плагины

```
using MyCoolSystem.SDK;
```

```
public sealed class AddInA : IAddIn {  
    public String DoSomething(int x) {  
        return "AddInA: " + x.ToString();  
    }  
}
```

```
public sealed class AddInB : IAddIn {  
    public String DoSomething(int x) {  
        return "AddInB: " + (x * 2).ToString();  
    }  
}
```

Пример: ядро системы

```
public static class Program
```

```
{
```

```
    public static void Main()
```

```
    {
```

```
        string addInDir = Path.GetDirectoryName(Assembly.GetEntryAssembly().Location);
```

```
        var addInAssemblies = Directory.EnumerateFiles(addInDir, "*.dll");
```

```
        var addInTypes =
```

```
            addInAssemblies.Select(Assembly.Load)
```

```
                .SelectMany(a => a.ExportedTypes)
```

```
                .Where(t => t.IsClass
```

```
                    && typeof(IAddIn).GetTypeInfo().IsAssignableFrom(t.GetTypeInfo()));
```

```
        foreach (Type t in addInTypes)
```

```
        {
```

```
            var addIn = (IAddIn)Activator.CreateInstance(t);
```

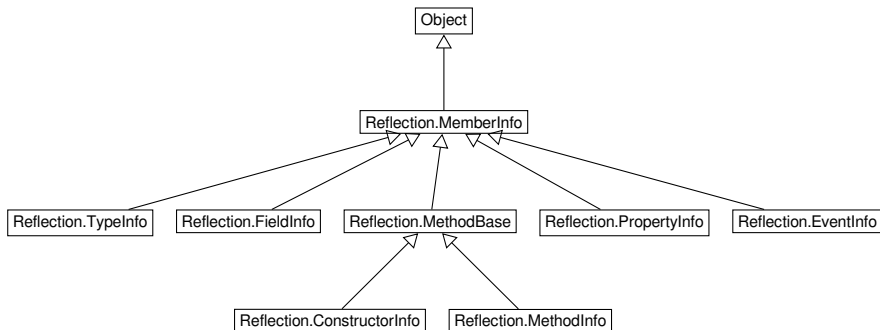
```
            Console.WriteLine(addIn.DoSomething(5));
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

Информация о типах



Пример: распечатать информацию о полях и методах

```

using System;
using System.Reflection;

public static class Program {
    public static void Main() {
        Assembly[] assemblies = AppDomain.CurrentDomain.GetAssemblies();
        foreach (Assembly a in assemblies) {
            Console.WriteLine($"Assembly: {a}");
            foreach (Type t in a.ExportedTypes) {
                Console.WriteLine($"Type: {t}");
                foreach (MemberInfo mi in t.GetTypeInfo().DeclaredMembers) {
                    var typeName = mi switch {
                        FieldInfo _ => "FieldInfo",
                        MethodInfo _ => "MethodInfo",
                        ConstructorInfo _ => "ConstructorInfo",
                        _ => ""
                    };
                    Console.WriteLine($" {typeName}: {mi}");
                }
            }
        }
    }
}

```

Полезные свойства MemberInfo

- ▶ Name (string) — имя члена класса
- ▶ DeclaringType (Type) — тип
- ▶ Module (Module) — модуль, в котором он объявлен
- ▶ CustomAttributes (IEnumerable<CustomAttributeData>) — коллекция атрибутов, соответствующих этому члену класса
 - ▶ Пример — модульные тесты

Как что-нибудь сделать с MemberInfo

- ▶ GetValue и SetValue для FieldInfo и PropertyInfo
- ▶ Invoke для ConstructorInfo и MethodInfo
- ▶ AddEventHandler и RemoveEventHandler для EventInfo

Пример: создать объект и вызвать его метод

```
using System;
using System.Reflection;
using System.Linq;
```

```
internal sealed class SomeType {
    public SomeType(int test) { }
    private int DoSomething(int x) => x * 2;
}
```

```
public static class Program {
    public static void Main() {
        Type t = typeof(SomeType);
        Type ctorArgument = Type.GetType("System.Int32");
        ConstructorInfo ctor = t.GetTypeInfo().DeclaredConstructors.First(
            c => c.GetParameters()[0].ParameterType == ctorArgument);
        Object[] args = { 12 };
        Object obj = ctor.Invoke(args);
        MethodInfo mi = obj.GetType().GetTypeInfo().GetDeclaredMethod("DoSomething");
        int result = (int)mi.Invoke(obj, new object[] { 3 });
        Console.WriteLine($"{result} = {result}");
    }
}
```

Атрибуты

- ▶ Способ добавить произвольную информацию к коду во время компиляции
- ▶ Эта информация может быть использована потом во время компиляции или во время выполнения
 - ▶ Типичный пример — атрибуты юнит-тестов (Test, ExpectedException, ...)
- ▶ Могут быть применены к сборке, типу, полю, методу, параметру метода, возвращаемому значению, свойству, событию, параметру-типу
- ▶ Могут иметь параметры
- ▶ На самом деле, экземпляры классов-наследников System.Attribute

Объявление своего атрибута

```
public enum Animal
```

```
{  
    Dog = 1,  
    Cat,  
    Bird,  
}
```

```
public class AnimalTypeAttribute : Attribute
```

```
{  
    public AnimalTypeAttribute(Animal pet)  
    {  
        this.Pet = pet;  
    }  
}
```

```
public Animal Pet { get; set; }  
}
```

© MSDN

Использование атрибута

```
class AnimalTypeTestClass
```

```
{  
    [AnimalType(Animal.Dog)]  
    public void DogMethod() { }
```

```
    [AnimalType(Animal.Cat)]  
    public void CatMethod() { }
```

```
    [AnimalType(Animal.Bird)]  
    public void BirdMethod() { }
```

```
}
```

Получение атрибута рефлексией

```
static void Main(string[] args)
{
    var testClass = new AnimalTypeTestClass();
    Type type = testClass.GetType();

    foreach (MethodInfo mInfo in type.GetMethods())
    {
        foreach (Attribute attr in Attribute.GetCustomAttributes(mInfo))
        {
            // Check for the AnimalType attribute.
            if (attr.GetType() == typeof(AnimalTypeAttribute))
                Console.WriteLine(
                    "Method {0} has a pet {1} attribute.",
                    mInfo.Name, ((AnimalTypeAttribute)attr).Pet);
        }
    }
}
```

Ограничение области применения атрибута

```
namespace System {  
    [AttributeUsage(AttributeTargets.Enum, Inherited = false)]  
    public class FlagsAttribute : System.Attribute {  
        public FlagsAttribute() {  
        }  
    }  
}
```

Атрибуты у атрибутов!

Библиотеки сериализации

- ▶ Нужны для передачи объектов по сети или сохранения объектов
- ▶ Часто используемые форматы
 - ▶ XML
 - ▶ JSON
 - ▶ Protobuf
- ▶ Активно используют рефлексияю

Пример, сериализация в XML, System.Xml.Serialization

Данные

```
public class Point
{
    public Point() { }
    public Point(int x, int y) { this.X = x; this.Y = y; }
    public int X { get; set; }
    public int Y { get; set; }
}

public class SomeData
{
    public int Radius { get; set; }
    public Point Center { get; set; }
    public List<Point> Points { get; } = new List<Point>();
}
```

Сама сериализация

```
var data = new SomeData { Radius = 10, Center = new Point(5, 5)};  
data.Points.Add(new Point(1, 1));  
data.Points.Add(new Point(2, 2));
```

```
var serializer = new XmlSerializer(typeof(SomeData));  
using (var textWriter = new StringWriter())  
{  
    serializer.Serialize(textWriter, data);  
    Console.WriteLine(textWriter.ToString());  
}
```

Результат

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>  
<SomeData xmlns:xsi="..." xmlns:xsd="...">  
  <Radius>10</Radius>  
  <Center>  
    <X>5</X>  
    <Y>5</Y>  
  </Center>  
  <Points>  
    <Point>  
      <X>1</X>  
      <Y>1</Y>  
    </Point>  
    <Point>  
      <X>2</X>  
      <Y>2</Y>  
    </Point>  
  </Points>  
</SomeData>
```

То же с Newtonsoft.Json

```
var data = new SomeData { Radius = 10, Center = new Point(5, 5)};  
data.Points.Add(new Point(1, 1));  
data.Points.Add(new Point(2, 2));
```

```
var jsonSerializer = new JsonSerializer() { Formatting = Formatting.Indented };  
using (var textWriter = new StringWriter())  
{  
    jsonSerializer.Serialize(textWriter, data);  
    Console.WriteLine(textWriter.ToString());  
}
```

Результат

```
{  
  "Radius": 10,  
  "Center": {  
    "X": 5,  
    "Y": 5  
  },  
  "Points": [  
    {  
      "X": 1,  
      "Y": 1  
    },  
    {  
      "X": 2,  
      "Y": 2  
    }  
  ]  
}
```

Сериализация графа объектов

Дьявол в деталях

```
var center = new Point(5, 5);  
var data = new SomeData { Radius = 10, Center = center };  
data.Points.Add(new Point(1, 1));  
data.Points.Add(center);  
  
var jsonSerializer = new JsonSerializer() {  
    Formatting = Formatting.Indented,  
    PreserveReferencesHandling = PreserveReferencesHandling.All  
};  
using (var textWriter = new StringWriter())  
{  
    jsonSerializer.Serialize(textWriter, data);  
    Console.WriteLine(textWriter.ToString());  
}
```

Результат

```
{
  "$id": "1",
  "Radius": 10,
  "Center": {
    "$id": "2",
    "X": 5,
    "Y": 5
  },
  "Points": [
    {
      "$id": "3",
      "X": 1,
      "Y": 1
    },
    {
      "$ref": "2"
    }
  ]
}
```

Десериализация

```
var deserializedData =  
    JsonConvert.DeserializeObject<SomeData>(serializedData);  
Console.WriteLine(deserializedData.Radius);
```


Управление именами полей

```
public class Videogame
{
    [JsonProperty("name")]
    public string Name { get; set; }

    [JsonProperty("release_date")]
    public DateTime ReleaseDate { get; set; }
}
```

© <https://www.newtonsoft.com>

Управление тем, что надо сериализовать, а что нет

```
[JsonObject(MemberSerialization.OptIn)]
```

```
public class File
```

```
{
```

```
    // Это поле не сериализуется,
```

```
    // потому что у него нет JsonPropertyAttribute
```

```
    public Guid Id { get; set; }
```

```
    [JsonProperty]
```

```
    public string Name { get; set; }
```

```
    [JsonProperty]
```

```
    public int Size { get; set; }
```

```
}
```

Ключевое слово dynamic

```
using System;
```

```
internal static class DynamicDemo
```

```
{  
    public static void Main()  
    {  
        dynamic value;  
        for (int demo = 0; demo < 2; demo++)  
        {  
            value = (demo == 0) ? (dynamic)5 : (dynamic)"A";  
            value = value + value;  
            M(value);  
        }  
    }  
  
    private static void M(int n) { Console.WriteLine("M(int): " + n); }  
    private static void M(string s) { Console.WriteLine("M(string): " + s); }  
}
```

Генерация кода “на лету”

```

public static void Main() {
    AssemblyName assemblyName = new AssemblyName {Name = "HelloEmit"};
    AppDomain appDomain = AppDomain.CurrentDomain;
    AssemblyBuilder assemblyBuilder = appDomain.DefineDynamicAssembly(
        assemblyName, AssemblyBuilderAccess.Save);
    ModuleBuilder moduleBuilder =
        assemblyBuilder.DefineDynamicModule(assemblyName.Name, "Hello.exe");
    TypeBuilder typeBuilder = moduleBuilder.DefineType("Test.MainClass",
        TypeAttributes.Public | TypeAttributes.Class);
    MethodBuilder methodBuilder = typeBuilder.DefineMethod("Main",
        MethodAttributes.Public | MethodAttributes.Static,
        typeof(int), new[] { typeof(string) });

    ILGenerator ilGenerator = methodBuilder.GetILGenerator();
    ilGenerator.Emit(OpCodes.Ldstr, "Hello, World!");
    ilGenerator.Emit(OpCodes.Call,
        typeof(Console).GetMethod("WriteLine", new[] { typeof(string) }));
    ilGenerator.Emit(OpCodes.Ldc_I4_0);
    ilGenerator.Emit(OpCodes.Ret);

    typeBuilder.CreateType();
    assemblyBuilder.SetEntryPoint(methodBuilder, PEFileKinds.ConsoleApplication);
    assemblyBuilder.Save("Hello.exe");
}

```