Рефлексия

Юрий Литвинов
y.litvinov@spbu.ru

24.10.2024

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
  - Плохо работает с Ahead-of-time-компиляцией

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
    - Для .NET Framework это только почти всегда так, 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 (поставляется с VS), ILSpy, DotPeek

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);
    ...
}
```

например,

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

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

Загрузка только метаданных сборки

- MetadataLoadContext — словарь, отображающий имя сборки в загруженные метаданные
- Работает, даже когда сборку нельзя загрузить по-настоящему
  - Например, для другой целевой платформы
- Живёт в отдельном NuGet-пакете System.Reflection.MetadataLoadContex
- MetadataAssemblyResolver — абстракция алгоритма поиска нужной сборки
  - PathAssemblyResolver — ищет сборки в переданных путях
  - Пути должны включать не только целевую сборку, но и все её зависимости (как минимум, **typeof**(**object**).Assembly.Location)

Сильные и слабые имена сборок

- 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 раньше считал от неё SHA-1-хеш и проверял, что он совпал с подписанным
- Пример сильного имени:
  "MyTypes, Version=1.0.8123.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=b77a5c561934e089"
- PublicKeyToken — короткий хеш публичного ключа
- Сборка с сильным именем может ссылаться только на сборки с сильными именами
- В современном .NET не очень актуально
  - В силу уклона в контейнеризацию и «xcopy deployment»

Пример

Распечатать имена всех типов в сборке

```
using System.Reflection;

var assembly = Assembly.Load("Example");

foreach (Type t in assembly.GetTypes())
{
   Console.WriteLine(t.FullName);
}
```

- Уже загруженную сборку так не загрузить (ошибки не будет, но список типов будет пустым)
- Бывает GetTypes, DefinedTypes, GetExportedTypes

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

```
Type openType = typeof(Dictionary<,>);
Type closedType = openType.MakeGenericType(
      typeof(string), typeof(int));
object o = Activator.CreateInstance(closedType);
Console.WriteLine(o.GetType());

internal sealed class Dictionary<TKey, TValue> { }
```

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)
        => "AddInA: " + x.ToString();
}

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

Пример: ядро системы

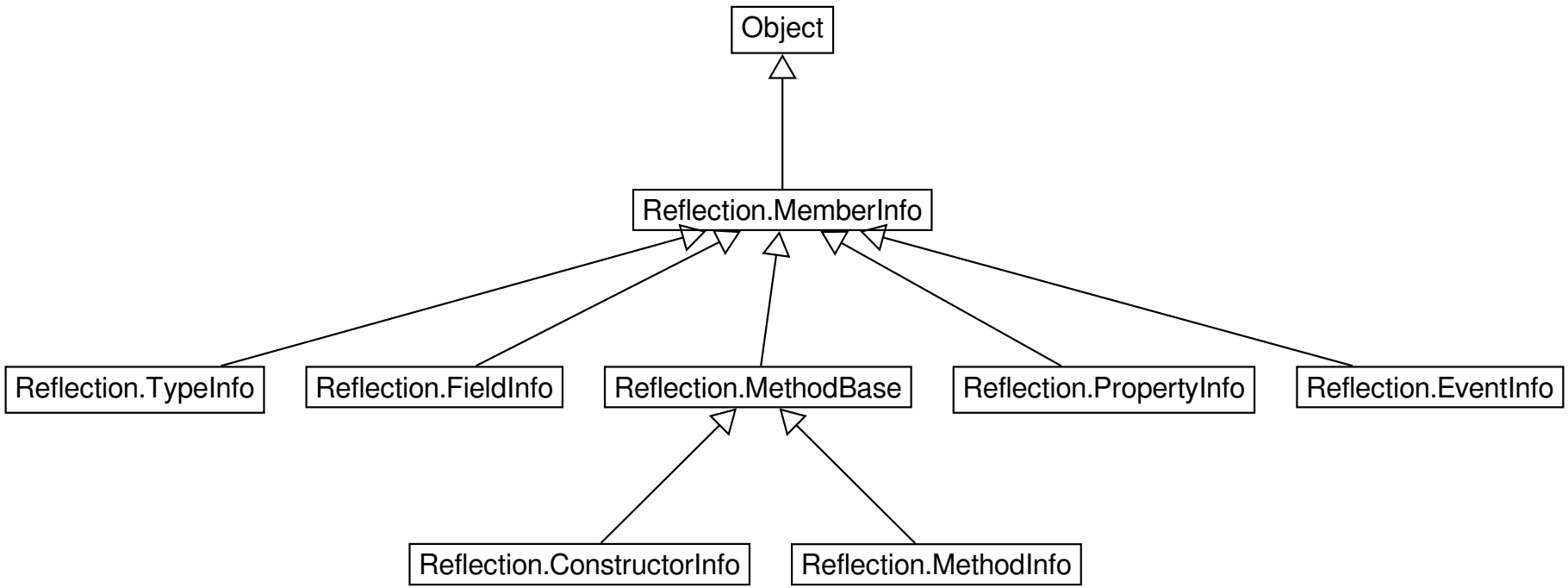
```
using System.Reflection;

string addInDir = Path.GetDirectoryName(Assembly.GetEntryAssembly()?.Location)
   ?? throw new Exception("Unable to load assembly");

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 = Activator.CreateInstance(t) as IAddIn;
   Console.WriteLine(addIn?.DoSomething(5));
}
```

Информация о типах



Пример: распечатать информацию о полях и методах

```
using System.Reflection;

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.Reflection;

Type t = typeof(SomeType);
Type ctorArgument = Type.GetType("System.Int32") ?? throw new Exception("Failed to load Int32");
ConstructorInfo ctor = t.GetTypeInfo().DeclaredConstructors.First(
      c => c.GetParameters()[0].ParameterType == ctorArgument);
object obj = ctor.Invoke([12]);
MethodInfo mi = obj.GetType().GetTypeInfo().GetDeclaredMethod("DoSomething")
   ?? throw new Exception("Failed to find method");

int result = (int)(mi.Invoke(obj, [3]) ?? throw new Exception("Method returned null"));
Console.WriteLine($"result = {result}");

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

UnsafeAccessorAttribute

- Атрибут, генерирующий код доступа к закрытому члену класса
- Появился в .NET 8
- «Рефлексия для бедных», но в десятки раз быстрее рефлексии

Пример:

```
using System.Runtime.CompilerServices;

static void CallStaticPrivateMethod() {
    StaticPrivateMethod(null);

    [UnsafeAccessor(UnsafeAccessorKind.StaticMethod, Name = nameof(StaticPrivateMethod))]
    extern static void StaticPrivateMethod(Class c);
}
static void GetSetStaticPrivateField() {
    ref int f = ref GetSetStaticPrivateField(null);

    [UnsafeAccessor(UnsafeAccessorKind.StaticField, Name = "StaticPrivateField")]
    extern static ref int GetSetStaticPrivateField(Class c);
}
public class Class {
    static void StaticPrivateMethod() { }
    static int StaticPrivateField;
}
```

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

```
using System.Reflection;

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 {mInfo.Name} has a pet " +
            $"{((AnimalTypeAttribute)attr).Pet} attribute.");
   }
}
```

Ограничение области применения атрибута

```
namespace System;

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

Атрибуты у атрибутов!

Ключевое слово dynamic

```
static class DynamicDemo
{
   public static void Main()
   {
      dynamic value;
      for (int demo = 0; demo < 2; demo++)
      {
         value = (demo == 0) ? 5 : "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); }
}
```

Динамические сборки

- Динамическая сборка — сборка, существующая только в памяти
- Генерируется в рантайме средствами из System.Reflection.Emit
- Может быть сохранена на диск
  - Всегда хотели написать свой язык и компилятор, но боитесь машинно-зависимых оптимизаций?
- Для .NET неотличима от обычной сборки

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");
}
```