.NET Conf 2023

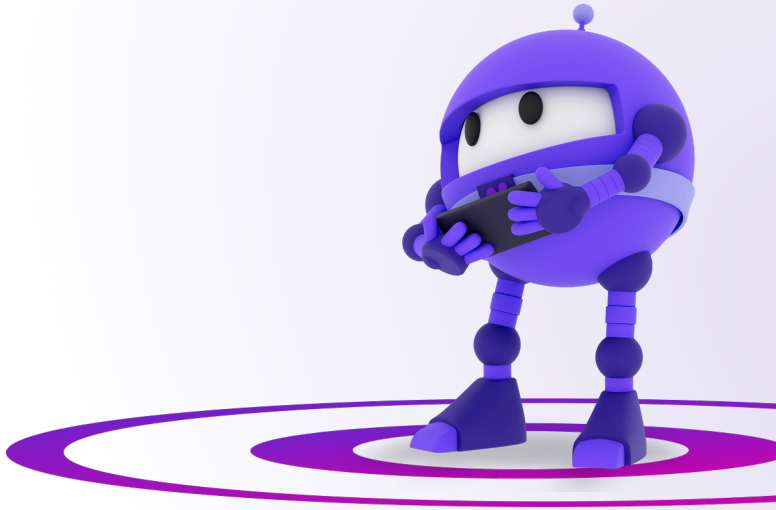
beanTech
IT moves your business

[stesi]
Powered by Innovation

.NET 8 Performance Improvement

Mirco Vanini

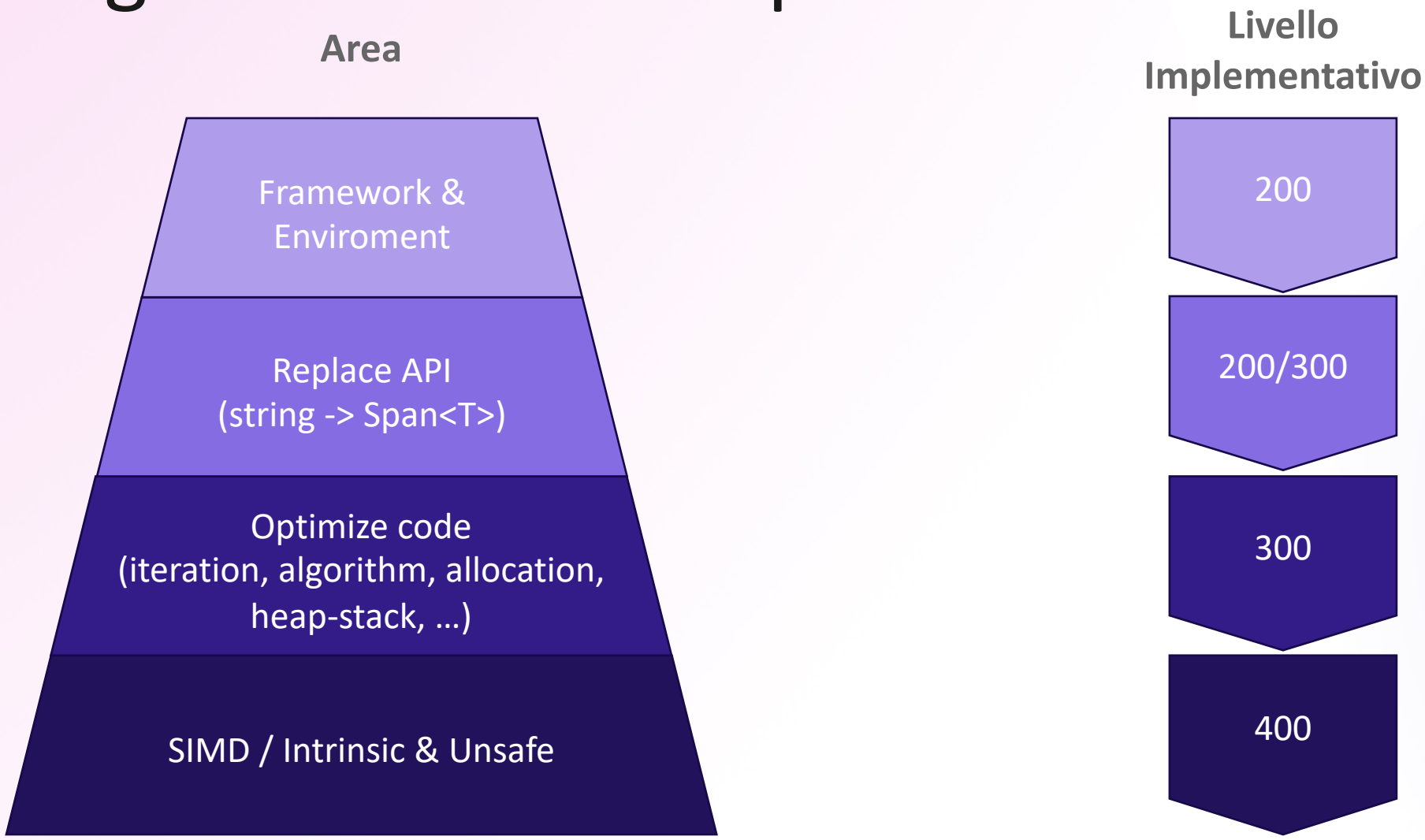
Microsoft MVP Developer Technologies
Proxima Software



Agenda

- Introduzione
- JIT – **O**n **S**tack **R**eplacement
- JIT – **P**rofile **G**uided **O**ptimization
- Reflection
- String
- Regular Expression
- Native AOT
- JSON

Miglioramento delle prestazioni



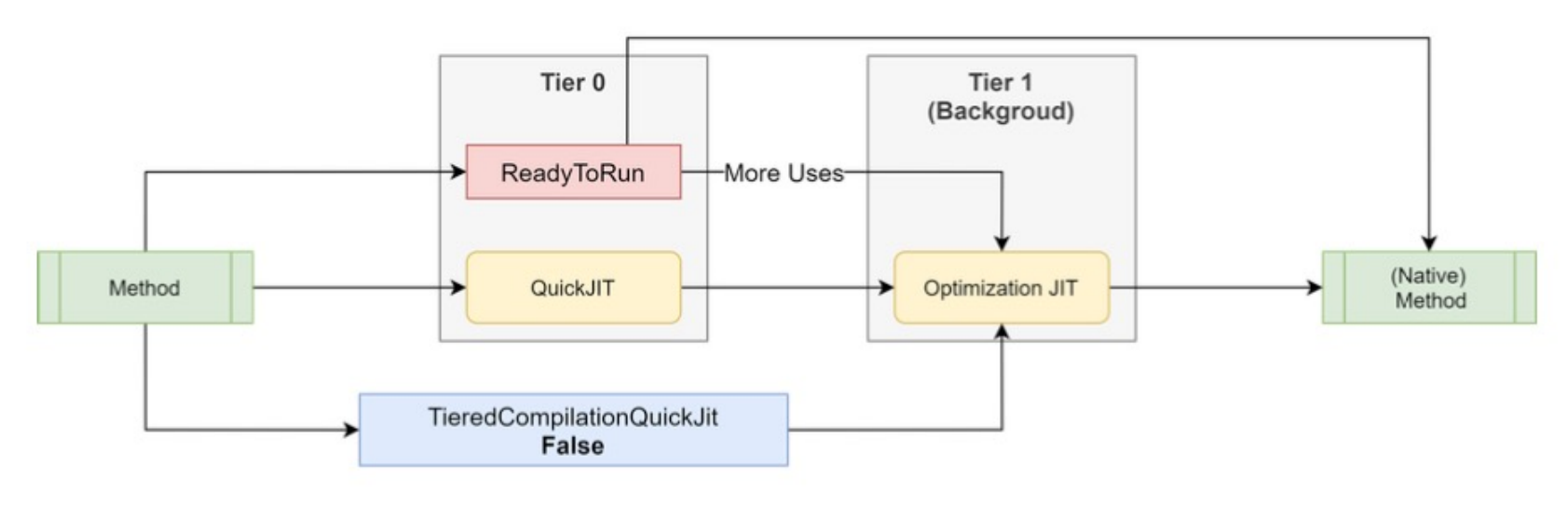
Introduzione

- .NET 8 – sorpresa ! è più veloce di .NET 7 il quale era più veloce di .NET 6, il quale era più veloce di .NET5 che era più veloce di…
- Molte delle funzionalità prestazionali non sono specificatamente guidate dallo sviluppatore, ma sono invece integrate nel FW
- Da quando .NET Core è entrato in scena più di nove anni fa, le prestazioni sono state parte integrante della cultura di .NET.

Performance is the feature !

JIT – Compilazione a più livelli

- La compilazione JIT è fantastica... ma presenta anche degli svantaggi, come una velocità di avvio più lenta
- La compilazione a livelli è un ottimo compromesso tra JIT e codice nativo, è stata introdotta in .NET Core 3.0 e da allora è stata costantemente migliorata
- Consenti un avvio più rapido senza sacrificare la qualità del codice Ma disattivato per impostazione predefinita per i metodi con cicli...



JIT – Sostituzione sullo stack OSR

- In .NET 8 anche i metodi con cicli traggono vantaggio dalla compilazione a più livelli. Ciò si ottiene tramite la sostituzione sullo stack (OSR).

- L'OSR fa sì che il JIT non solo consideri la compilazione iniziale per il numero di invocazioni, ma anche i cicli per il numero di iterazioni elaborate.

- Quando il numero di iterazioni supera un limite predeterminato, proprio come con il conteggio delle invocazioni, il JIT compila una nuova versione ottimizzata del metodo

DemoOSR / DemoOSRStatic

JIT – Sostituzione sullo stack OSR

```
BenchmarkDotNet=v0.13.5, OS=Windows 11 (10.0.22621.2715/22H2/2022Update/SunValley2)
Intel Core i9-9880H CPU 2.30GHz, 1 CPU, 8 logical and 8 physical cores
.NET SDK=8.0.100
  [Host]     : .NET 6.0.25 (6.0.2523.51912), X64 RyuJIT AVX2
  Job-TOBQYK : .NET 6.0.25 (6.0.2523.51912), X64 RyuJIT AVX2
  Job-VYYFBF : .NET 7.0.14 (7.0.1423.51910), X64 RyuJIT AVX2
  Job-JHPHBL : .NET 8.0.0 (8.0.23.53103), X64 RyuJIT AVX2


|  Method |  Runtime |     Mean | Ratio | Code Size |
|-------- |--------- |---------:|------:|----------:|
| Compute | .NET 6.0 | 854.1 µs |  1.00 |      66 B |
| Compute | .NET 7.0 | 237.0 µs |  0.28 |      17 B |
| Compute | .NET 8.0 | 231.6 µs |  0.27 |      17 B |
```

JIT – Sostituzione sullo stack OSR

.NET 6.0.24 - X64 RyuJIT AVX2

```
Program.Compute()
       push     rdi
       push     rsi
       sub      rsp,28
       xor      esi,esi
       xor      edi,edi
       mov      rcx,7FF95AED2D08
       mov      edx,5
       call     CORINFO_HELP_GETSHARED_NONGCSTATIC_BASE
       mov      eax,[7FF95AED2D40]
M00_L00:
       add      esi,edi
       cmp      eax,7E5
       jne      short M00_L01
       add      esi,edi
M00_L01:
       inc      edi
       cmp      edi,0F4240
       jl       short M00_L00
       mov      eax,esi
       add      rsp,28
       pop      rsi
       pop      rdi
       ret
; Total bytes of code 66
```

.NET 7.0.13 / .NET 8.0.0 - X64 RyuJIT AVX2

```
; Program.Compute()
       xor      eax,eax
       xor      edx,edx
M00_L00:
       add      eax,edx
       inc      edx
       cmp      edx,0F4240
       jl       short M00_L00
       ret
; Total bytes of code 17
```

JIT – Ottimizzazione guidata dal profilo PGO

- L'ottimizzazione guidata dal profilo (PGO) esiste da decenni, per molti linguaggi e ambienti, incluso il mondo .NET.

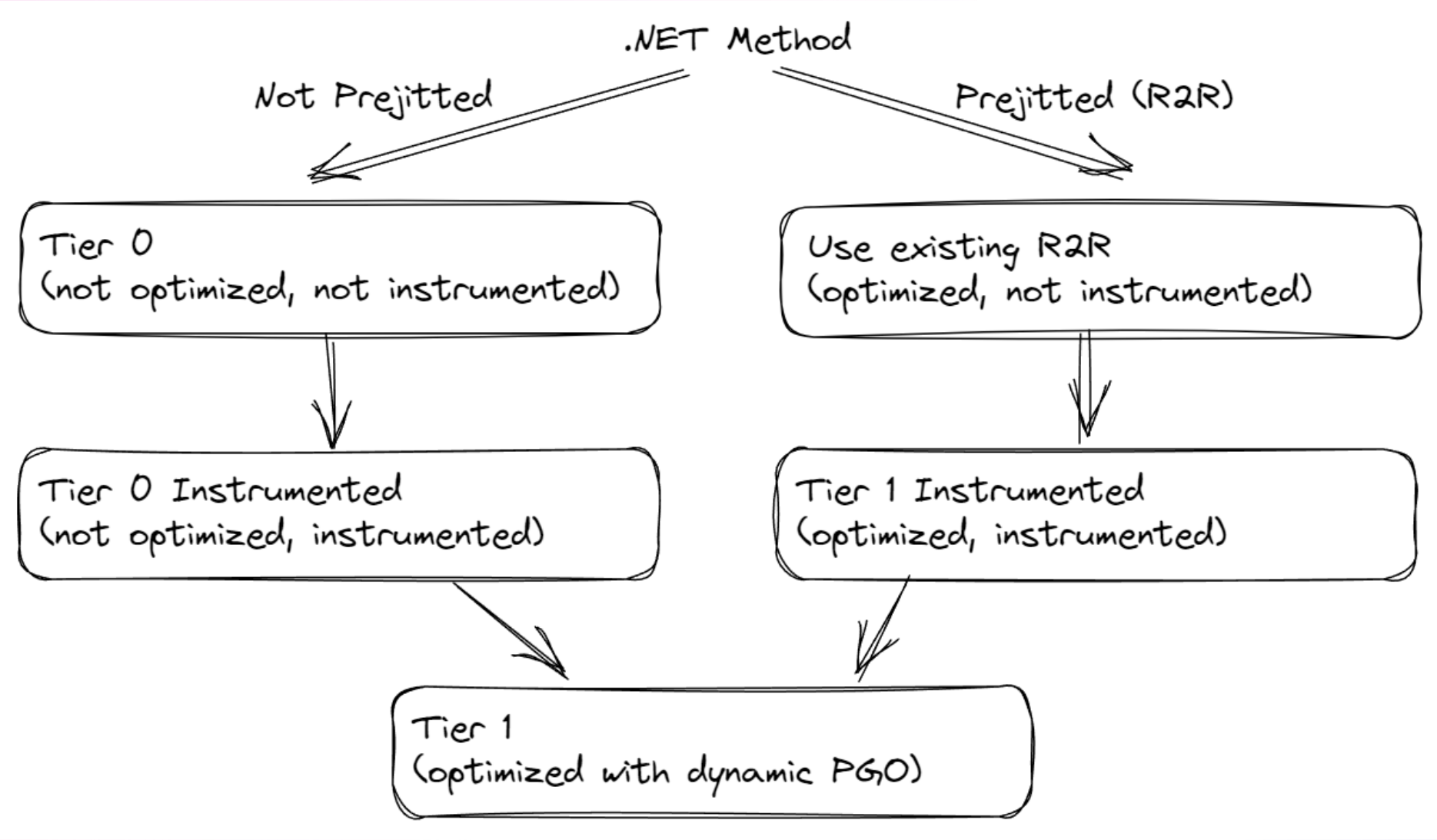
- Il flusso tipico prevede che si crei l'applicazione con qualche strumentazione aggiuntiva, quindi si esegua l'applicazione su scenari chiave, si raccolgano i risultati di quella strumentazione e quindi si ricostruisca l'applicazione, inserendo i dati di strumentazione nell'ottimizzatore, consentendogli di utilizzare la conoscenza di come viene eseguito il codice per influire sulla sua ottimizzazione

- Questo approccio viene definito “PGO statico”.

JIT – Ottimizzazione guidata dal profilo PGO

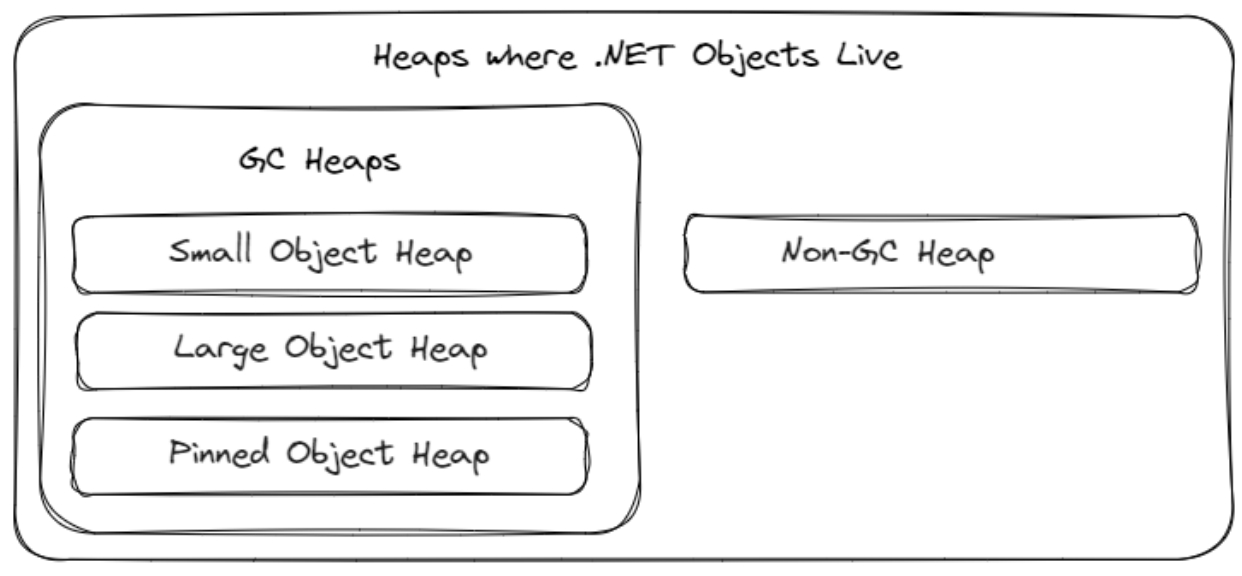
- "Dynamic PGO" è simile, tranne per il fatto che non è richiesto alcuno sforzo su come viene creata l'applicazione, sugli scenari su cui viene eseguita o altro.
- Presentato per la prima volta in anteprima in .NET 6, disattivato per impostazione predefinita anche in .NET 7, ora in .NET 8 è attivo per default.
- È stata modificata la compilazione a livelli aggiungendo più livelli, anche se continuiamo a riferirci a quello non ottimizzato come "livello 0" e a quello ottimizzato come "livello 1".
- La strumentazione non è gratuita, l'obiettivo del livello 0 è rendere la compilazione il più economica possibile

JIT – Ottimizzazione guidata dal profilo PGO



Non-GC Heap - "Frozen Segments"

.NET 8 introduce un nuovo meccanismo utilizzato dal JIT il Non-GC Heap (un'evoluzione del vecchio concetto di "Frozen Segments" utilizzato da Native AOT)



.NET 6/7

```
; Tests.GetPrefix()
mov rax,126A7C01498
mov rax,[rax]
ret
; Total bytes of code 14
```

.NET 8

```
; Tests.GetPrefix()
mov rax,227814EAEA8
ret
; Total bytes of code 11
```

DemoPGO

Method	Runtime	Mean	Ratio
GetTestsType	.NET 6.0	1.2022 ns	1.000
GetTestsType	.NET 7.0	0.2469 ns	0.206
GetTestsType	.NET 8.0	0.0024 ns	0.002

Method	Runtime	Mean	Ratio
GetPrefix	.NET 6.0	0.8072 ns	1.00
GetPrefix	.NET 7.0	0.6577 ns	0.81
GetPrefix	.NET 8.0	0.1185 ns	0.14

Devirtualizzazione protetta DGV

Una delle principali ottimizzazioni dei feed PGO dinamici è la capacità di devirtualizzare le chiamate virtuali e di interfaccia per sito di chiamata. Come notato, il JIT tiene traccia dei tipi concreti utilizzati e quindi può generare un percorso rapido per il tipo più comune; questo è noto come devirtualizzazione protetta (GDV).

```
int result = _valueProducer!.GetType() == typeof(Producer42) ?
                Unsafe.As<Producer42>(_valueProducer).GetValue() :
                _valueProducer.GetValue();
return result * _factor;
```

```
int result = _valueProducer!.GetType() == typeof(Producer42) ?
                42 :
                _valueProducer.GetValue();
return result * _factor
```

DemoPGO

Method	Runtime	Mean	Ratio
GetValue	.NET 6.0	2.0347 ns	1.00
GetValue	.NET 7.0	1.6867 ns	0.79
GetValue	.NET 8.0	0.2807 ns	0.13

JIT – Altri punti...

- Tiering and Dynamic PGO
- Vectorization
- Branching
- Bounds Checking
- Constant Folding
- Non-GC Heap
- Zeroing
- Value Types
- Casting
- Peephole Optimizations

Riflessione

- L'invocazione della Reflection ha storicamente avuto un impatto sulle prestazioni non banale, gli sviluppatori hanno risolto il problema con Reflection emit
- Approccio con Reflection emit è ora integrato!

```
private MethodInfo _zeroArgs = typeof(Program)!.GetMethod(nameof(ZeroArgsMethod))!;
private MethodInfo _oneArg = typeof(Program)!.GetMethod(nameof(OneArgMethod))!;
private object[] _args = new object[] { 42 };

[Benchmark] public void InvokeZero() => _zeroArgs.Invoke(null, null);
[Benchmark] public void InvokeOne() => _oneArg.Invoke(null, _args);

public static void ZeroArgsMethod() { }
public static void OneArgMethod(int i) { }
```

Method	Runtime	Mean	Ratio
InvokeZero	.NET 6.0	50.180 ns	1.00
InvokeZero	.NET 7.0	10.896 ns	0.22
InvokeZero	.NET 8.0	7.324 ns	0.15
InvokeOne	.NET 6.0	98.758 ns	1.00
InvokeOne	.NET 7.0	28.832 ns	0.31
InvokeOne	.NET 8.0	20.824 ns	0.21

Stringhe

```
// The Project Gutenberg eBook of The Adventures of Sherlock Holmes, by Arthur Conan Doyle
private static readonly string s_haystack = new
HttpClient().GetStringAsync("http://aleph.gutenberg.org/1/6/6/1661/1661-0.txt").Result;

[Benchmark]
[Arguments("Sherlock")]
[Arguments("elementary")]
public int Count(string needle)
{
    ReadOnlySpan<char> haystack = s_haystack;
    int count = 0, pos;
    while ((pos = haystack.IndexOf(needle, StringComparison.OrdinalIgnoreCase)) >= 0)
    {
        haystack = haystack.Slice(pos + needle.Length);
        count++;
    }
    return count;
}
```

Method	Runtime	needle	Mean	Ratio
Count	.NET 6.0	Sherlock	2,114.69 µs	1.00
Count	.NET 7.0	Sherlock	617.44 µs	0.29
Count	.NET 8.0	Sherlock	168.73 µs	0.09
Count	.NET 6.0	elementary	2,435.47 µs	1.00
Count	.NET 7.0	elementary	664.00 µs	0.27
Count	.NET 8.0	elementary	65.57 µs	0.03

Stringhe

```
// The Project Gutenberg eBook of The Adventures of Sherlock Holmes, by Arthur Conan Doyle
private static readonly string s_haystack = new
HttpClient().GetStringAsync("http://aleph.gutenberg.org/1/6/6/1661/1661-0.txt").Result;

[Params(StringComparison.Ordinal, StringComparison.OrdinalIgnoreCase)]
public StringComparison Comparison { get; set; }

[Params("elementary")]
public string Needle { get; set; }

[Benchmark]
public int CountComparison()
{
    int count = 0, pos = 0;
    while ((pos = s_haystack.IndexOf(Needle, pos, Comparison)) >= 0)
    {
        pos += Needle.Length;
        count++;
    }

    return count;
}
```

Method	Runtime	Comparison	Needle	Mean	Ratio
CountComparison	.NET 6.0	Ordinal	elementary	1,138.42 µs	1.00
CountComparison	.NET 7.0	Ordinal	elementary	142.52 µs	0.13
CountComparison	.NET 8.0	Ordinal	elementary	140.57 µs	0.12
CountComparison	.NET 6.0	OrdinalIgnoreCase	elementary	2,447.14 µs	1.00
CountComparison	.NET 7.0	OrdinalIgnoreCase	elementary	687.40 µs	0.28
CountComparison	.NET 8.0	OrdinalIgnoreCase	elementary	66.23 µs	0.03

Stringhe

```
[Benchmark]
[Arguments("http://microsoft.com")]
public bool StartsWith(string text) =>
    text.StartsWith("https://",
        StringComparison.OrdinalIgnoreCase);
```

```
[Benchmark]
[Arguments("http://microsoft.com")]
public bool OpenCoded(string text) =>
    text.Length >= 8 &&
    (text[0] | 0x20) == 'h' &&
    (text[1] | 0x20) == 't' &&
    (text[2] | 0x20) == 't' &&
    (text[3] | 0x20) == 'p' &&
    (text[4] | 0x20) == 's' &&
    text[5] == ':' &&
    text[6] == '/' &&
    text[7] == '/';
```

Method	Runtime	text	Mean
StartsWith	.NET 4.8	http://microsoft.com	21.590 ns
OpenCoded	.NET 4.8	http://microsoft.com	2.048 ns

Method	Runtime	text	Mean
StartsWith	.NET 6.0	http://microsoft.com	7.2537 ns
OpenCoded	.NET 6.0	http://microsoft.com	1.369 ns

Method	Runtime	text	Mean
StartsWith	.NET 7.0	http://microsoft.com	0.6405 ns
OpenCoded	.NET 7.0	http://microsoft.com	1.299 ns

Method	Runtime	text	Mean
StartsWith	.NET 8.0	http://microsoft.com	0.5430 ns
OpenCoded	.NET 8.0	http://microsoft.com	1.270 ns

Lezione: le soluzioni alternative dovrebbero essere riviste!

Stringhe

```
private byte[] _data = new byte[98];

[Benchmark]
public bool Contains() =>_data.AsSpan().Contains((byte)1);
```

Method	Runtime	Mean	Ratio
Contains	.NET 6.0	17.283 ns	1.00
Contains	.NET 7.0	5.441 ns	0.27
Contains	.NET 8.0	4.470 ns	0.26

```
private int[] _dataInt = new int[10240];

[Benchmark]
public int IndexOf() => _dataInt.AsSpan().IndexOf(42);
```

Method	Runtime	Mean	Ratio
IndexOf	.NET 6.0	3.107 µs	1.00
IndexOf	.NET 7.0	1.046 µs	0.34
IndexOf	.NET 8.0	1.024 µs	0.33

```
private StringBuilder _builder = new StringBuilder(Sonnet);

[Benchmark]
public void Replace()
{
    _builder.Replace('?', '!');
    _builder.Replace('!', '?');
}
```

Method	Runtime	Mean	Ratio
Replace	.NET 6.0	1,635.37 ns	1.00
Replace	.NET 7.0	75.04 ns	0.05
Replace	.NET 8.0	63.59 ns	0.04

Stringhe

SpanHelpers.T.cs (6.0)

```
public static unsafe int IndexOf<T>(ref T searchSpace, T value, int length) where T : IEquatable<T>
{
    Debug.Assert(length >= 0);

    nint index = 0; // Use nint for arithmetic to avoid unnecessary 64->32->64 truncations
    if (default(T) != null || (object)value != null)
    {
        while (length >= 8)
        {
            length -= 8;

            if (value.Equals(Unsafe.Add(ref searchSpace, index)))
                goto Found;
```

SpanHelpers.T.cs (8.0)

```
internal static int NonPackedIndexOfValueType<TValue, TNegator>(ref TValue searchSpace, TValue value, int length)
    where TValue : struct, INumber<TValue>
    where TNegator : struct, INegator<TValue>
{
    Debug.Assert(length >= 0, "Expected non-negative length");
    Debug.Assert(value is byte or short or int or long, "Expected caller to normalize to one of these types");

    if (!Vector128.IsHardwareAccelerated || length < Vector128<TValue>.Count)
    {
        nuint offset = 0;

        while (length >= 8)
        {
            length -= 8;

            if (TNegator.NegateIfNeeded(Unsafe.Add(ref searchSpace, offset) == value)) goto Found;
```

Espressioni regolari

```
private static Regex s_regex = new Regex(@"[a-z]shing", RegexOptions.Compiled);


private static string s_text = new HttpClient().GetStringAsync(@"https://github.com/rust-
leipzig/regex-performance/blob/13915c5182f2662ed906cde557657037c0c0693e/3200.txt").Result;


[Benchmark]
public int SubstringSearch()
{
    int count = 0;
    Match m = s_regex.Match(s_text);
    while (m.Success)
    {
        count++;
        m = m.NextMatch();
    }
    return count;
}
```

Non-Prefix String Search

Method	Runtime	Mean	Ratio
SubstringSearch	.NET 4.8	3,625.875 µs	1.000
SubstringSearch	.NET 6.0	877.410 µs	0.269
SubstringSearch	.NET 7.0	12.934 µs	0.003
SubstringSearch	.NET 8.0	9.835 µs	0.002

Espressioni regolari

```
private static Regex s_email = new Regex(@"[\w.+-]+@[\w.-]+.[\w.-]+", RegexOptions.Compiled);


private static string s_text = new
HttpClient().GetStringAsync(@"https://raw.githubusercontent.com/mariomka/regex-
benchmark/8e11300825fc15588e4db510c44890cd4f62e903/input-text.txt").Result;


[Benchmark]
public int Email()
{
    int count = 0;
    Match m = s_email.Match(s_text);
    while (m.Success)
    {
        count++;
        m = m.NextMatch();
    }
    return count;
}
```

Literals after loops

Method	Runtime	Mean	Ratio
Email	.NET 4.8	11.019.362 µs	1.0000
Email	.NET 6.0	611.837 µs	0.0480
Email	.NET 7.0	6.571 µs	0.0005
Email	.NET 8.0	4.007 µs	0.0003

.NET Nativo AOT (Ahead Of Time)

- L'AOT nativo è diverso. È un'evoluzione di CoreRT, che a sua volta era un'evoluzione di .NET Native, ed è completamente privo di JIT.

- Il file binario che risulta dalla pubblicazione di una build è un eseguibile completamente autonomo nel formato di file specifico della piattaforma di destinazione (ad esempio COFF su Windows, ELF su Linux, Mach-O su macOS) senza dipendenze esterne diverse da quelle standard su quella piattaforma (ad esempio libc).

- È tutto nativo: niente IL, niente JIT, niente di niente. Tutto il codice richiesto viene compilato e/o collegato all'eseguibile, incluso lo stesso GC utilizzato con app e servizi .NET standard e un runtime minimo che fornisce servizi relativi al threading e simili.

Native AOT deployment overview

.NET Nativo AOT (Ahead Of Time)

- Porta anche delle limitazioni: nessun JIT significa nessun caricamento dinamico di assembly arbitrari (ad esempio Assembly.LoadFile) e nessuna emissione di riflessioni (ad esempio DynamicMethod), tutto ciò che è compilato è collegato all'app, questo significa che più funzionalità sono utilizzate (o potrebbe essere utilizzate) più grande è la tua distribuzione, ecc.

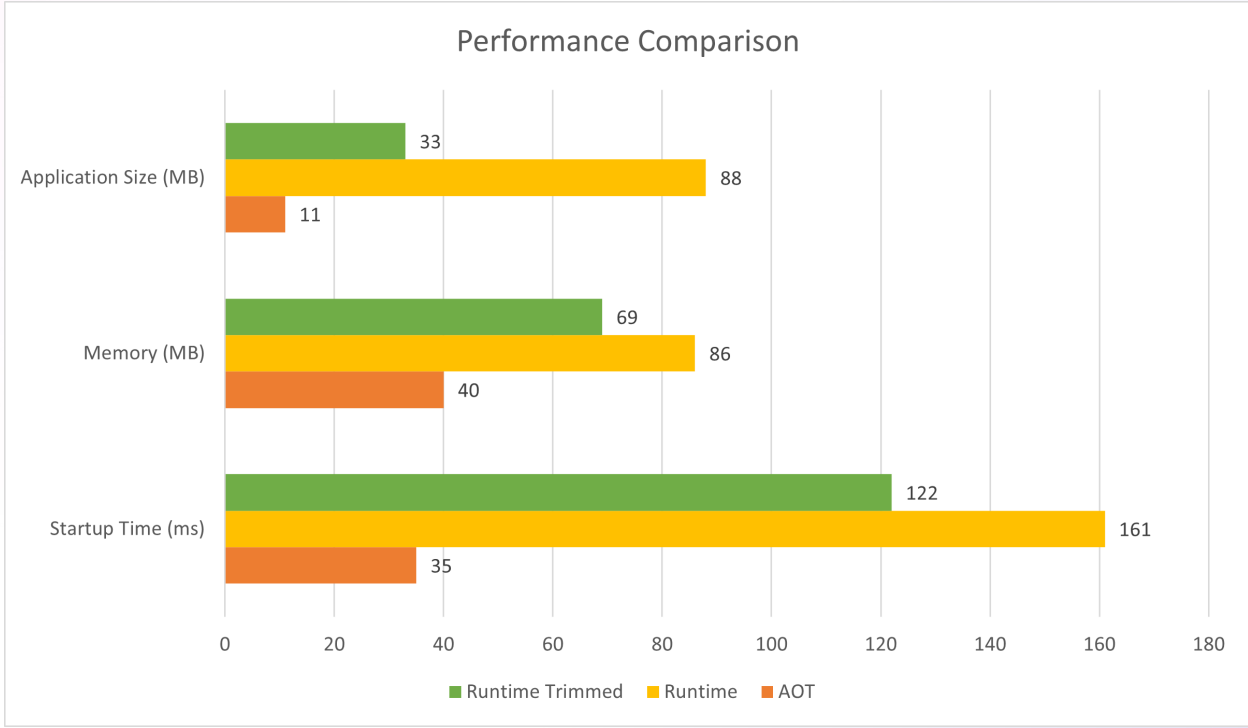
```
if (RuntimeFeature.IsDynamicCodeCompiled)
{
    factory = Compile(pattern, tree, options, matchTimeout != InfiniteMatchTimeout);
}
```

- Con JIT, IsDynamicCodeCompiled è vero ma, con l'AOT nativo, è falso.

.NET Nativo AOT (Ahead Of Time)

ASP.NET Core 8.0 introduce il supporto per .NET Native ahead-of-time (AOT).

In .NET 8, non tutte le funzionalità di ASP.NET Core sono compatibili con AOT nativo. Per un elenco dei problemi AOT nativi noti, vedere questo link



.NET Nativo AOT (Ahead Of Time)

Feature	Fully Supported	Partially Supported	Not Supported
gRPC	✔Fully supported		
Minimal APIs		✔Partially supported	
MVC			❌Not supported
Blazor Server			❌Not supported
SignalR			❌Not supported
Authentication			❌Not supported (JWT soon)
CORS	✔Fully supported		
HealthChecks	✔Fully supported		
HttpLogging	✔Fully supported		
Localization	✔Fully supported		
OutputCaching	✔Fully supported		

Feature	Fully Supported	Partially Supported	Not Supported
RateLimiting	✔Fully supported		
RequestDecompression	✔Fully supported		
ResponseCaching	✔Fully supported		
ResponseCompression	✔Fully supported		
Rewrite	✔Fully supported		
Session			❌Not supported
Spa			❌Not supported
StaticFiles	✔Fully supported		
WebSockets	✔Fully supported		

ASP.NET Core support for native AOT

.NET Nativo AOT (Ahead Of Time)

.CSPROJ

```
<PropertyGroup>
    <PublishAot>true</PublishAot>
</PropertyGroup>

dotnet publish -r win-x64 -c Release
dotnet publish -r linux-arm64 -c Release

<PublishTrimmed>true</PublishTrimmed>

<InvariantGlobalization>true</InvariantGlobalization>
<DebuggerSupport>false</DebuggerSupport>
<EnableUnsafeUTF7Encod∑ng>false</EnableUnsafeUTF7Encoding>
<EventSourceSupport>false</EventSourceSupport>
<HttpActivityPropagationSupport>false</HttpActivityPropagationSupport>
<InvariantGlobalization>true</InvariantGlobalization>
<MetadataUpdaterSupport>false</MetadataUpdaterSupport>
<UseNativeHttpHandler>true</UseNativeHttpHandler>
<UseSystemResourceKeys>true</UseSystemResourceKeys>
```

Trimming Options

.NET ReadyToRun

```
dotnet publish
      --self-contained
      -r linux-arm
      -p:PublishReadyToRunComposite=true
      -p:PublishReadyToRun=true
      -p:PublishDir=${workspaceFolder}/Deploy/linux-arm/publish
      -c Release
      /maxcpucount:1
```

```
XYZ.Business.dll     -   487.424 bytes
XYZ.Business.r2r.dll - 9.850.880 bytes
```

- I file binari R2R migliorano le prestazioni di avvio riducendo la quantità di lavoro che il compilatore just-in-time (JIT) deve eseguire durante il caricamento dell'applicazione. I file binari contengono codice nativo simile rispetto a quello che produrrebbe il JIT. Tuttavia, i file binari R2R sono più grandi perché contengono sia il codice IL (Intermediate Language), ancora necessario per alcuni scenari, sia la versione nativa dello stesso codice.

- L'utilizzo di Composite ReadyToRun è consigliato solo per le applicazioni che disabilitano la compilazione a livelli o per le applicazioni in esecuzione su Linux che cercano il miglior tempo di avvio con una distribuzione autonoma.

JSON

- Un focus significativo in .NET 8 è stato il miglioramento e la riduzione del codice sorgente autogenerato per la chiamata JsonSerializer.

- È stata migliorata la serializzazione polimorfica, il supporto per DateOnly/TimeOnly, il supporto per IAsyncEnumerable<T> e JsonDocument nella generazione del codice.

- Una delle maggiori insidie in termini di prestazioni che abbiamo visto è relativa al modo in cui la libreria memorizza i dati nella cache. Per ottenere buone prestazioni di serializzazione e deserializzazione quando il generatore di origine non viene utilizzato, System.Text.Json utilizza emit della riflessione per generare codice personalizzato per la lettura/scrittura dei membri dei tipi elaborati.

JSON

```
private JsonSerializerOptions _options = new
JsonSerializerOptions();
private MyAmazingClass _instance = new MyAmazingClass();

public class MyAmazingClass
{
    public int Value { get; set; }
}

[Benchmark(Baseline = true)]
public string ImplicitOptions() =>
JsonSerializer.Serialize(_instance);

[Benchmark]
public string WithCached() =>
JsonSerializer.Serialize(_instance, _options);

[Benchmark]
public string WithoutCached() =>
JsonSerializer.Serialize(_instance, new
JsonSerializerOptions());
```

Method	Runtime	Mean	Ratio
ImplicitOptions	.NET 6.0	178.3 ns	1.00
ImplicitOptions	.NET 7.0	168.2 ns	0.94
ImplicitOptions	.NET 8.0	165.2 ns	0.93
WithCached	.NET 6.0	185.4 ns	1.04
WithCached	.NET 7.0	181.2 ns	1.02
WithCached	.NET 8.0	150.9 ns	0.85
WithoutCached	.NET 6.0	100,414.7 ns	564.44
WithoutCached	.NET 7.0	720.1 ns	4.04
WithoutCached	.NET 8.0	543.0 ns	3.05

Altri punti...

- Native AOT
- VM
- GC
- Mono
- Threading
- Reflection
- Exceptions
- Primitives
- Strings, Arrays, and Spans
- Collections
- File I/O
- Networking
- JSON
- Cryptography
- Logging
- Configuration
- Peanut Butter

Performance Improvements in .NET 8
Performance Improvements in ASP.NET Core 8

1289 punti, più di 500 PRs/miglioramenti discussi (> 20% dall'esterno del team .NET)

.NET 9 ?

PGO: Enable profiled casts by default #96597

.NET 8 v .NET 9 LINQ Performance improvements

```
BenchmarkDotNet v0.13.12, Windows 10 (10.0.17763.5328/1809/October2018Update/Redstone5
AMD EPYC 7763, 1 CPU, 4 logical and 2 physical cores
.NET SDK 9.0.100-alpha.1.24062.11
  [Host] : .NET 8.0.0 (8.0.23.53103), X64 RyuJIT AVX2
  .NET 8 : .NET 8.0.0 (8.0.23.53103), X64 RyuJIT AVX2
  .NET 9 : .NET 9.0.0 (9.0.24.6126), X64 RyuJIT AVX2
```

Method	Runtime	Length	Mean	Error	StdDev	Ratio
Min	.NET 8.0	50	12.773 ns	0.0666 ns	0.0591 ns	baseline
Min	.NET 9.0	50	6.905 ns	0.0406 ns	0.0380 ns	-46%
Max	.NET 8.0	50	12.129 ns	0.0132 ns	0.0117 ns	baseline
Max	.NET 9.0	50	7.660 ns	0.0210 ns	0.0197 ns	-37%
Count	.NET 8.0	50	6.722 ns	0.0089 ns	0.0075 ns	baseline
Count	.NET 9.0	50	2.086 ns	0.0030 ns	0.0026 ns	-69%
ElementAt	.NET 8.0	50	14.940 ns	0.0270 ns	0.0253 ns	baseline
ElementAt	.NET 9.0	50	4.335 ns	0.0089 ns	0.0079 ns	-71%
SequenceEqual	.NET 8.0	50	25.836 ns	0.0205 ns	0.0182 ns	baseline
SequenceEqual	.NET 9.0	50	7.989 ns	0.0943 ns	0.0882 ns	-69%

Chi sono

Mirco Vanini
Microsoft MVP Developer Technologies

Consulente con oltre 30 anni di esperienza, specializzato in soluzioni industriali ed embedded, cofondatore della community XeDotNet, relatore e Microsoft MVP dal 2012

@MircoVanini
www.proxsoft.it
https://www.linkedin.com/in/proxsoft

Microsoft® MVP Developer Technologies

Download .NET 8

https://aka.ms/get-dotnet-8