Alma Mater Studiorum-Università di Bologna
Scuola di Ingegneria

Il problema della distribuzione (deployment) di un'applicazione o libreria

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica
Anno accademico 2025/2026

Prof. ENRICO DENTI
Dipartimento di Informatica – Scienza e Ingegneria (DISI)

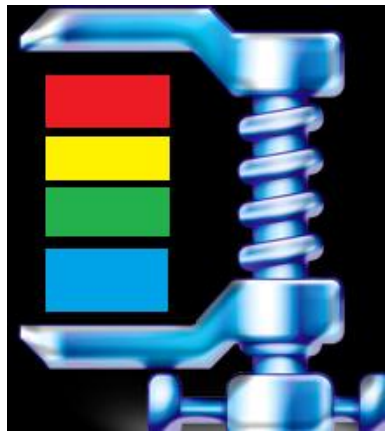
IL DEPLOYMENT DEL SOFTWARE

In questi linguaggi, non esiste più l'eseguibile monolitico.

- Come distribuire un'applicazione o una libreria *fatte di più classi* in modo pratico ed efficiente?
- IDEA: impacchettarle in un "archivio compattato"
  - in questo modo, il file da distribuire è uno solo..
  - .. ma *internamente ogni entità mantiene la propria individualità*

In Java: **JAR (Java ARchive)**
(usato anche da Scala e Kotlin)

In C#: **.NET assembly**
(dal 2019: NuGet in .NET)



☺ **Non occorre scompattarli per usarli** ☺

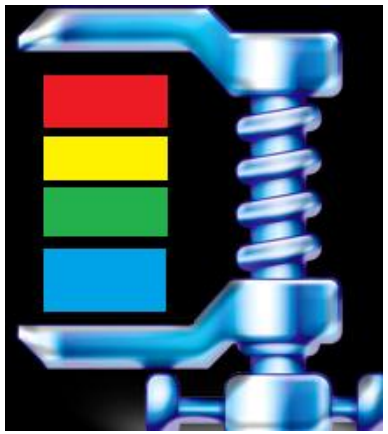
L'infrastruttura li può usare *così come sono!*

IL DEPLOYMENT DEL SOFTWARE

Cosa occorre distribuire?

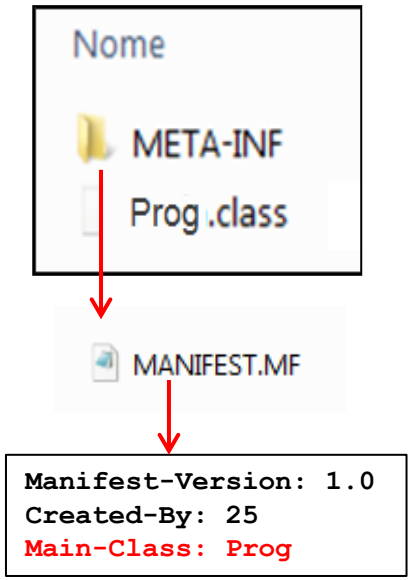
- Per librerie, bastano le classi (file `.class`)
- Per applicazioni, occorre anche specificare *la posizione del main* (cioè, l'*entry point* dell'applicazione stessa)

- In Java applicazioni e librerie sono distribuite *sempre come* **JAR** (con/senza specifica main)
- In .NET applicazioni e librerie sono distribuite con due tipi di assembly diversi: **EXE** o **DLL** *(sempre DLL in .NET 5.0+)*
- In Scala e Kotlin sempre JAR, come in Java



JAVA: IL FORMATO JAR

- **JAR (Java ARchive)** è un file compresso ZIP
  - si apre con Unzip, 7-Zip, etc.
- che però contiene al suo interno una **speciale cartella `META-INF` con un file `MANIFEST.MF`**, che mantiene una serie di *informazioni extra*
  - per le applicazioni: *la posizione del main*
- Ciò rende possibile eseguire un'applicazione Java semplicemente *facendo doppio clic sul file JAR*, come in un eseguibile tradizionale
  NB: con OpenJDK occorre prima configurare l'installazione



Gli archivi JAR si creano con lo strumento `jar` incluso nel JDK.

- È uno strumento a riga di comando: occorre apprenderne l'uso
- Analoghe funzionalità sono offerte dagli ambienti integrati (Eclipse)

JAVA: CREARE UN FILE JAR (1/4)

Per creare un file JAR come archivio di classi (zip):

```
jar cf nomearchivio.jar classi
```

dove ***classi*** è

- un elenco di **classi** (`.class`) da includere
- o anche intere **cartelle** (`folder/*.class`)

separate fra loro da "punto e virgola" in Windows
(Esempio: `*.class;folder/*.class`)
o da "due punti" su Unix/Linux/Mac (`*.class:folder/*.class`)

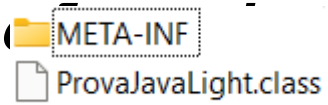
MA:

- un JAR così costruito va bene *per distribuire una libreria*
- *non è adatto a un'applicazione*, perché manca l'indicazione sulla posizione del main

JAVA: CREARE UN FILE JAR (2/4)

Per creare un file JAR eseguibile:

```
jar cmf info.txt nomeapp.jar
```



dove `info.txt` (che può chiamarsi in qualunque modo) è un *file di testo* che contiene la riga:

`Main-Class:` ***NomeclasseMain***

seguita da una *riga vuota* (indispensabile!)

```
Manifest-Version: 1.0
Created-By: 25 (Oracle Corporation)
Main-Class: ProvaJavaLight
```

NB: da Java 9 in poi si può anche specificare la classe contenente il main *direttamente nella riga di comando,* senza file di testo ausiliari:

```
jar cef NomeclasseMain nomeapp.jar classi
```

Inoltre, sempre da Java 9, in alternativa ai comandi "mono-lettera" (`c`,`e`,`m`,`f`), si possono usare *comandi con nomi più descrittivi* introdotti da `--`, ad esempio:

```
jar --create --main-class NomeclasseMain --file nomeapp.jar classi
```

JAVA: CREARE UN FILE JAR (3/4)

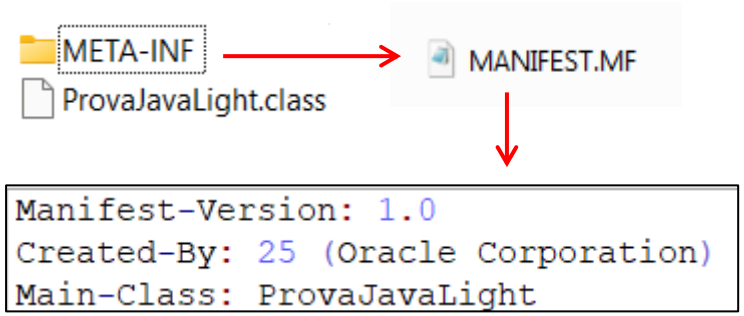
ESEMPIO 1

Data l'applicazione mono-classe **`ProvaJavaLight.class`** che contiene un main, per creare un JAR eseguibile *con i comandi mono-lettera* si scrive:

```
jar cef ProvaJavaLight ProvaJavaLight.jar .\ProvaJavaLight.class
```

Significato: **`cef`** = **c**reate **e**xecutable **f**ile

- il 1° argomento è il *nome del main*
- Il 2° argomento è il *nome del JAR*
- i successivi argomenti sono *le classi da inserire nel JAR*



Viene prodotto un JAR la cui cartella interna META-INF contiene un file MANIFEST.MF che fornisce *la versione di Java* e *il nome del main*

JAVA: CREARE UN FILE JAR (4/4)
UN ESEMPIO PIÙ AMPIO

ESEMPIO 2

Si voglia produrre un'applicazione **`MyApp`** costituita da:

- `CodFisc.class`
- `Esempio.class` *(che contiene il main)*

CREAZIONE FILE JAR ESEGUIBILE (con file info esterno)

```
jar cmf infoApp MyApp.jar Esempio.class CodFisc.class
```

oppure, se i due file ***`.class`*** si trovano tutti e soli nella stessa cartella:

```
jar cmf infoApp MyApp.jar *.class
```

Contiene la riga:
`Main-Class: Esempio`

MA se **`Esempio`** non è un'app grafica, lanciando il JAR non vedremo niente!

JAVA: ESEGUIRE UN FILE JAR

Un JAR così creato è eseguibile

- perché contiene in sé l'indicazione sulla posizione del main

Come lo si esegue?

- o da riga di comando: `java -jar nomefile.jar`
- o semplicemente facendo *"doppio clic"* sul JAR stesso

  In tal caso, però, l'applicazione sarà eseguita *senza aprire una finestra di terminale* → *se l'app non apre una finestra grafica (o non genera file)* non si vedrà niente!

IMPORTANTE: con OpenJDK, in ambiente Windows, per far funzionare il «doppio clic» occorre prima completare la configurazione nel sistema operativo tramite lo **strumento *Jarfix*** → vedere le slide apposite!

JAVA: ESEGUIRE UN FILE JAR

Per questo può essere utile eseguire un'applicazione distribuita come JAR *da riga di comando*

- Anziché

```
java NomeClasseColMain
```

- si può scrivere:

```
java -jar nomefile.jar
```

Questo approccio funziona anche se l'app non è grafica, perché sfrutta la finestra (già presente) del terminale da cui l'applicazione viene lanciata.

```
C>java -jar MyMain.jar
1
```

C#: IL FORMATO "ASSEMBLY"

- In C#,, compilazione e generazione dell'assembly sono *entrambe affidate al compilatore* **`csc`**
  - in .NET Core si utilizza il comando **`dotnet`** + argomenti
- Pertanto, è necessario specificare subito se si desidera:
  - un assembly per *applicazione eseguibile* (con main)
    → il file prodotto ha estensione EXE (default)
  - un assembly per *libreria* (senza main)
    → il file prodotto ha estensione DLL
    → da specificare con direttiva **`/target:library`**
- In .NET 5+ lo strumento *NuGet* impacchetta DLL in modo del tutto simile ai JAR di Java
  - un pacchetto NuGet è un file ZIP con estensione **.nupkg** che contiene DLL + manifest

C#: CREARE UN "ASSEMBLY"

Per creare un assembly di *applicazione eseguibile:*

```
csc Classe1.cs Classe2.cs …
```

Di default, **csc** presuppone che *il main sia nel primo file:* ergo produce un eseguibile di nome **Classe1.exe**

- per indicare un nome diverso: **csc /out:MyProg.exe …**
- per indicare che il main è altrove: **csc /main:Classe2 …**

Per creare un assembly di *libreria:*

```
csc /target:library Classe1.cs Classe2.cs …
```

Di default, **csc** produce un eseguibile di nome **Classe1.dll**

- per indicare un nome diverso: **csc /out:MyLib.dll …**

USARE UNA LIBRERIA

- Per usare una libreria (nostra o di altri), occorre sapere:
  - come si *compila* un programma che usi una libreria
  - come si *esegue* un programma che usi una libreria
- Quindi, *sia il compilatore sia l'infrastruttura* dovranno sapere *dove trovare* quella libreria
  - il compilatore, per accertarsi che il programma la *usi* correttamente
  - l'infrastruttura, per potersi *dinamicamente agganciare* ad essa

IN COMPILAZIONE:

- in Java *opzione* **`-cp`**
- in C# *opzione* **`/reference`**

IN ESECUZIONE:

- in Java *opzione* **`-cp`**
  (o specifica **`Class-Path`** nel file Manifest)
- in C# nessuna opzione
  (la libreria dev'essere in posizioni prestabilite)

USARE UNA LIBRERIA

Java

- libreria: **`Lib.jar`**
- cliente: **`MyMain.java`**

Compilazione

- se la libreria è nella stessa cartella:
  `javac -cp Lib.jar MyMain.java`
- se la libreria è altrove:
  `javac -cp …/Lib.jar MyMain.java`

Esecuzione

- se il main è una classe stand-alone:
  `java -cp …/Lib.jar;. MyMain`
- se il main è in un JAR, la libreria va specificata nel corrispondente Manifest:
  `Class-Path: .../Lib.jar`

C#

- libreria: **`Lib.dll`**
- cliente: **`MyMain.cs`**

Compilazione

- se la libreria è nella stessa cartella:
  `csc /reference:Lib.dll MyMain.cs`
- se la libreria è altrove:
  `csc /lib:… /reference:Lib.dll MyMain.cs`

Esecuzione

- semplicemente lanciando **`MyMain.exe`**
- la libreria può trovarsi solo nella cartella corrente o nella *Global Assembly Cache (GAC)*, una sorta di archivio centralizzato delle librerie.
  Non sono ammesse altre posizioni.

ESEMPIO COMPLETO

OBIETTIVI

1. **Creare una libreria `CFLib`** costituita da una (unica) classe **`CodFisc`** che offre servizi per il calcolo e la verifica del codice fiscale
2. **Compilare un'applicazione `Prog`** che la usi
3. **Eseguire tale applicazione** in due scenari opposti
   - in presenza della libreria → funzionamento corretto
   - in assenza della libreria → errore a run-time

DEPLOYMENT

Verranno comunque distribuiti *due JAR (o assembly) separati*

- **NB: Java non consente di annidare archivi JAR uno dentro l'altro,** neppure usando opzioni come `Class-Path`: per superare questa limitazione occorrono tool di terze parti, come *One-Jar* (`http://one-jar.sourceforge.net`)
- In alternativa si può fare un JAR unico con dentro tutte le classi, *ma spesso la licenza d'uso della libreria altrui non lo consente (visibilità e riconoscibilità)*

ESEMPIO COMPLETO: caso Java

1. Java: creazione libreria `CFLib`

```
javac CodFisc.java                    (genera CodFisc.class)
jar cf CFLib.jar CodFisc.class        (genera CFLib.jar)
```

2. Java: compilazione applicazione `Prog`

```
javac -cp CFLib.jar Prog.java         (genera Prog.class)
jar cmf info.txt Prog.jar Prog.class  (con Class-Path in info.txt)
```

```
Manifest-Version: 1.0
Class-Path: CFLib.jar
Created-By: 1.14.0_1
Main-Class: Prog
```

3. Java: esecuzione applicazione `Prog`

```
java -cp CFLib.jar;. Prog             oppure
java -jar Prog.jar    (richiede comunque la presenza di CFLib.jar)
```

Java: se a runtime manca il JAR o la classe richiesta:

```
Exception in thread "main" java.lang.NoClassDefFoundError:
CodFisc at Prog.main(Prog.java:3)
```

ESEMPIO COMPLETO: caso C#

1. C#: creazione libreria `CFLib`

```
csc /target:library /out:CFLib.dll CodFisc.cs
```

2. C#: compilazione applicazione `Prog`

```
csc /reference:CFLib.dll /out:Prog.exe Prog.cs
```

3. C#: esecuzione applicazione `Prog`

```
Prog.exe
```

(CFLib.dll deve essere nella stessa cartella)

C#: se a runtime manca la DLL:

```
Unhandled Exception: System.IO.FileNotFoundException:
Could not load file or assembly 'CodFisc, Version=0.0.0.0'
or one of its dependencies.
Cannot find the file specified at Prog.Main(string[] args)
```

RIASSUMENDO…

Per produrre un JAR o un assembly:

Java PROCESSO IN 2 TEMPI

- prima si compilano le classi
- poi si zippano nel JAR i file `.class` così ottenuti
  (facendo includere nel *manifest* tutte le informazioni accessorie necessarie)

C# PROCESSO UNICO

- si compilano le classi tutte insieme, generando un assembly EXE o DLL
- In .NET Core (o .NET 5.0): lo strumento NuGet costituisce il secondo passo

Struttura dell'applicazione risultante:

Java (INSIEME DI) JAR

- l'applicazione è distribuita sotto forma di uno o più JAR
- non occorre decomprimere il JAR per eseguirlo
- se si distribuiscono più JAR zippati insieme (o tramite un installer), occorre unzippare / installare

C# (INSIEME DI) ASSEMBLY

- l'applicazione distribuita sotto forma di assembly EXE + eventuali DLL
- non occorre decomprimere gli assembly per eseguirli
- se si distribuiscono più assembly zippati insieme, occorre unzippare / installare (in .NET Core → NuGet)