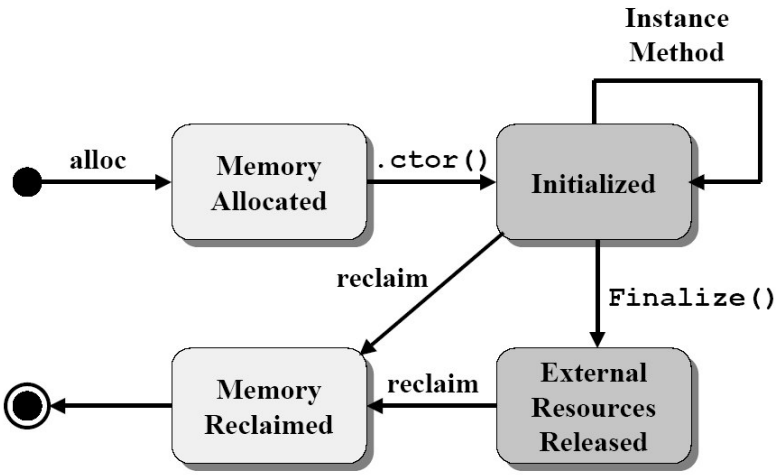
Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

Garbage Collector

Utilizzo di un oggetto

- In un ambiente *object-oriented*, ogni oggetto che deve essere utilizzato dal programma
  - È descritto da un tipo
  - Ha bisogno di un'area di memoria dove memorizzare il suo stato
- Passi per utilizzare un oggetto di tipo riferimento:
  - **Allocare memoria** per l'oggetto
    in seguito a una **`new`** (istruzione **`newobj`** di IL)
  - **Inizializzare la memoria** per rendere utilizzabile l'oggetto
    valori di default + costruttore
  - **Usare l'oggetto**
  - **Eseguire un clean up** dello stato dell'oggetto, se necessario
    `Finalize` (distruttore in C# e C++), **`Dispose`**, **`Close`**
  - **Liberare la memoria**
    responsabilità del ***Garbage Collector*** (**GC**)

Ciclo di vita di un oggetto

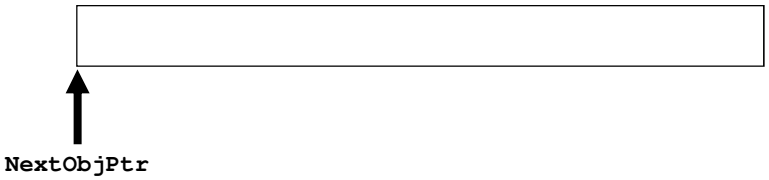


Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

6.3

Allocazione della memoria

- In fase di inizializzazione di un processo, il CLR
  - Riserva una regione contigua di spazio di indirizzamento ***managed heap***
  - Memorizza in un puntatore (**`NextObjPtr`**) l'indirizzo di partenza della regione



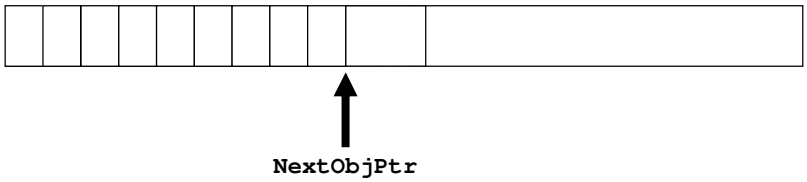
Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

6.4

Allocazione della memoria

- Quando deve eseguire una **`newobj`**, il CLR
  - Calcola la dimensione in *byte* dell'oggetto e aggiunge all'oggetto due campi di 32 (o 64) bit
    - Un puntatore alla tabella dei metodi
    - Un campo **`SyncBlockIndex`**
  - Controlla che ci sia spazio sufficiente a partire da **`NextObjPtr`** – in caso di spazio insufficiente:
    - *garbage collection*
    - **`OutOfMemoryException`**
  - **`thisObjPtr = NextObjPtr;`**
  - **`NextObjPtr += sizeof(oggetto);`**
  - Invoca il costruttore dell'oggetto (**`this`** ≡ **`thisObjPtr`**)
  - Restituisce il riferimento all'oggetto

Allocazione della memoria



Tecnica di allocazione completamente diversa da quella del C/C++

- **Oggetti "vivi"**
- **Oggetti non raggiungibili**
- **Spazio libero**

Garbage Collector

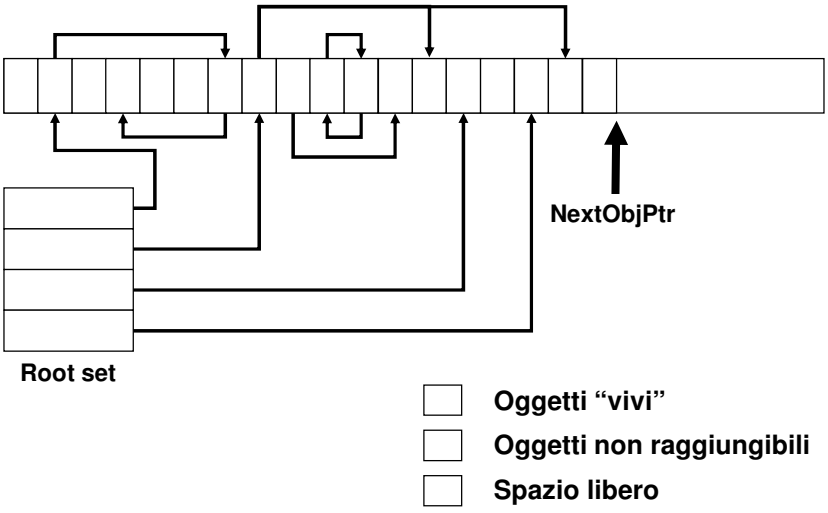
- Verifica se nell'*heap* esistono oggetti non più utilizzati dall'applicazione
  - Ogni applicazione ha un insieme di radici (*root*)
  - Ogni radice è un puntatore che contiene l'indirizzo di un oggetto di tipo riferimento oppure vale **`null`**
  - Le radici sono:
    - Variabili globali e *field* statici di tipo riferimento
    - Variabili locali o argomenti attuali di tipo riferimento sugli *stack* dei vari *thread*
    - Registri della CPU che contengono l'indirizzo di un oggetto di tipo riferimento
  - **Gli oggetti "vivi"** sono quelli **raggiungibili** direttamente o indirettamente dalle radici
  - **Gli oggetti *garbage*** sono quelli **NON raggiungibili** direttamente o indirettamente dalle radici

Garbage Collector

- Quando parte, il GC ipotizza che tutti gli oggetti siano *garbage*
- Quindi, scandisce le radici e per ogni radice **marca**
  - L'eventuale oggetto referenziato e
  - Tutti gli oggetti a loro volta raggiungibili a partire da tale oggetto
- Se durante la scansione incontra un oggetto già marcato in precedenza, lo salta
  - Sia per motivi di prestazioni
  - Sia per gestire correttamente riferimenti ciclici
- Una volta terminata la scansione delle radici, tutti gli oggetti NON marcati sono non raggiungibili e quindi *garbage*

Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

Garbage Collector
Fase 1: Mark



6.9

Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

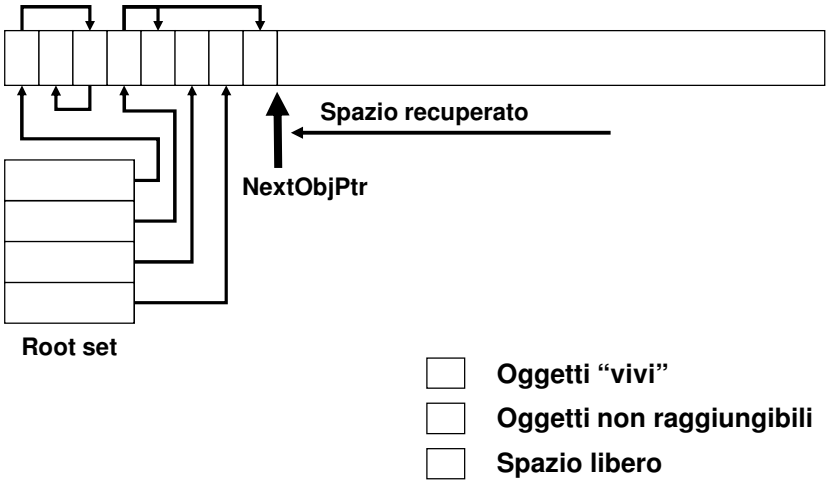
Garbage Collector

- Rilascia la memoria usata dagli oggetti non raggiungibili
- **Compatta** la memoria ancora in uso, **modificando nello stesso tempo tutti i riferimenti agli oggetti spostati!**
- Unifica la memoria disponibile, aggiornando il valore di `NextObjPtr`
- Tutte le operazioni che il GC effettua sono possibili in quanto
  - Il tipo di un oggetto è sempre noto
  - È possibile utilizzare i metadati per determinare quali *field* dell'oggetto fanno riferimento ad altri oggetti

6.10

Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

Garbage Collector
Fase 2: Compact



6.11

Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

Finalization

- Non è responsabilità del GC, ma del programmatore
- Se un oggetto contiene esclusivamente
  - tipi valore e/o
  - riferimenti a oggetti *managed*

  (maggior parte dei casi), non è necessario eseguire alcun codice particolare
- Se un oggetto contiene almeno un riferimento a un oggetto *unmanaged* (in genere, una risorsa del S.O.)
  - file, connessione a database, socket, mutex, bitmap, …

  è necessario eseguire del codice per rilasciare la risorsa, prima della deallocazione dell'oggetto

6.12

Finalization

- Ad esempio, un oggetto di tipo **`System.IO.FileStream`**
  - Prima deve aprire un file e memorizzare in un suo *field* l'*handle* del file (una risorsa di S.O. *unmanaged*)
  - Quindi usa tale *handle* nei metodi **`Read`** e **`Write`**
  - Infine, deve rilasciare l'*handle* nel metodo **`Finalize`**
- In C#
  - NON è possibile definire il metodo **`Finalize`**
  - È necessario definire un **distruttore** (sintassi C++)

Finalization

```
public class OSHandle
{
  //   Field contenente l'handle della risorsa unmanaged
  private IntPtr _handle;
  //   Proprietà che restituisce il valore dell'handle
  public IntPtr Handle
  { get { return _handle; } }

  public OSHandle(IntPtr handle)
  { _handle = handle; }
  ~OSHandle()
  { CloseHandle(_handle); }

  [System.Runtime.InteropServices.DllImport("Kernel32")]
  private extern static bool CloseHandle(IntPtr handle);
}
```

Finalization

- Il compilatore C# trasforma il codice del distruttore

```
~OSHandle()
{ CloseHandle(_handle); }
```

nel seguente codice (ovviamente in IL):

```
protected override void Finalize()
{
  try
  { CloseHandle(_handle); }
  finally
  { base.Finalize(); }
}
```


Finalization

- Il metodo **`Finalize`** dovrebbe essere utilizzato **solo per rilasciare risorse *unmanaged*** che appartengono all'oggetto su cui eseguire il metodo
- Nel metodo **`Finalize`** si dovrebbe **evitare di accedere ad altri oggetti *managed***
  - Potrei cercare di accedere a un oggetto sul quale il GC ha già invocato il corrispondente metodo **`Finalize`** e che quindi potrebbe essere in uno stato non ben definito
- Tutti i metodi **`Finalize`** vengono eseguiti in un *thread* dedicato (diverso da quello del GC) – pertanto, nel codice non si devono fare ipotesi sul *thread* in esecuzione

Il pattern Dispose

- L'invocazione del metodo **`Finalize`** non avviene in modo deterministico
- Inoltre, non essendo un metodo pubblico, il metodo **`Finalize`** non può essere invocato direttamente
- Nel caso di utilizzo di risorse che devono essere rilasciate appena termina il loro uso, questa **situazione** è **problematica**
- Si pensi a file aperti o a connessioni a database che vengono chiusi solo quando il GC invoca il corrispondente metodo **`Finalize`**
- In questi casi, è di fondamentale importanza rilasciare (**`Dispose`**) o chiudere (**`Close`**) la risorsa in **modo deterministico**

Il pattern Dispose

- I tipi che vogliono offrire questa funzionalità devono implementare il *pattern* **`Dispose`**
- Il *pattern* **`Dispose`** fissa le convenzioni da seguire quando si vuole definire un tipo in grado di offrire un servizio di ***clean up*** **esplicito** ai suoi utilizzatori
- Innanzi tutto, il tipo deve implementare l'interfaccia **`IDisposable`**

```
public interface IDisposable
{
  void Dispose();
}
```

Il pattern Dispose

```
public class MyClass : IDisposable
{
   //  Riferimenti a risorse unmanaged
   …
   //  Riferimenti a risorse managed
   //  che contengono riferimenti a risorse unmanaged
   //  e che quindi implementano IDisposable
   …
   //  Costruttore/i
   …
   ~MyClass()
   {
     Dispose(false);
   }
```

Invocazione NON deterministica

Il pattern Dispose

```
   //  Metodo da invocare per un rilascio deterministico
   public void Dispose()
   {
     Dispose(true);
     // Take yourself off of the Finalization queue to prevent
     // finalization code for this object from executing a second time
     GC.SuppressFinalize(this);
   }
   //  Metodo alternativo (opzionale) per una chiusura deterministica
   public void Close()
   {
     Dispose();
   }
```

Invocazione deterministica

Il pattern Dispose

```
// Track whether Dispose has been called
private bool _disposed = false;

protected virtual void Dispose(bool disposing)
{
   //  Syncronize threads calling Dispose/Close simultaneously
   lock (this)
   {
     if(!_disposed) // Check to see if Dispose has already been called
     {
       if(disposing)
       {
         // Dispose managed resources
       }
       // Dispose unmanaged resources
       _disposed = true;
     }
   }
}
```


Il pattern Dispose

- **`Dispose(bool disposing)`** executes in two distinct scenarios:
  - if **`disposing == true`**, the method has been called directly or indirectly by a user's code
    Managed and unmanaged resources can be disposed
  - if **`disposing == false`**, the method has been called by the runtime from inside the finalizer and
    you should not reference other objects
    Only unmanaged resources can be disposed

```
if(disposing)
{
   // Dispose managed resources
}
// Dispose unmanaged resources
```

Il pattern Dispose

```
// Allow your Dispose method to be called multiple times,
// but throw an exception if the object has been disposed
// Whenever you do something with this class,
// check to see if it has been disposed
public void DoSomething()
{
  if(_disposed)
    throw new ObjectDisposedException();
  …
}
```


Il pattern Dispose
in una classe derivata

```
private bool _disposed = false;
protected override void Dispose(bool disposing)
{
   lock (this)
   {
     if(!_disposed)
     {
       try
       {
         if(disposing)
         {  // Dispose managed resources   }
         // Dispose unmanaged resources
         _disposed = true;
       }
       finally
       {  base.Dispose(disposing);  }
     }
   }
}
```

Il pattern Dispose
dal lato del cliente – senza `using`

```
…
Byte[] bytesToWrite = new Byte[] {1,2,3,4,5};
FileStream fs = null;
try
{
  fs = new FileStream("Temp.dat", FileMode.Create);
  fs.Write(bytesToWrite, 0, bytesToWrite.Length);
}
finally
{
  if(fs != null) fs.Close();
}
…
```


Il pattern Dispose
dal lato del cliente – con `using`

```
…
Byte[] bytesToWrite = new Byte[] {1,2,3,4,5};
using (FileStream fs =
    new FileStream("Temp.dat", FileMode.Create))
{
  fs.Write(bytesToWrite, 0, bytesToWrite.Length);
}
…
```

- All'uscita del blocco **`using`**, viene sempre invocato automaticamente il metodo **`Dispose`**
- Il tipo della variabile definita nella parte iniziale di **`using`** deve implementare l'interfaccia **`IDisposable`**

Class, Component e Control

- If your class uses unmanaged resources but will not be used on a **design surface**, implement **`IDisposable`** or derive from a class that directly or indirectly implements **`IDisposable`**
- If you want a class that is **designable** (used on a design surface), you can derive from **`System.ComponentModel.Component`**, the base implementation of an **`IComponent`** type (note that **`IComponent`** extends **`IDisposable`**)
- If you want a **designable class that provides a user interface**, your class is a **control** - A control must derive directly or indirectly from one of the base control classes
  - **`System.Windows.Forms.Control`**
  - **`System.Web.UI.Control`**
- If your class is neither designable nor holds unmanaged resources, you do not need an **`IComponent`** or an **`IDisposable`** type

Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

6.27

Component

- A .NET Framework **`Component`** provides features such as
  - **Control over unmanaged resources**
    The **`IComponent`** interface extends **`IDisposable`**.
    In its implementation of the **`Dispose`** method, a component must release unmanaged resources explicitly
    Developers must propagate **`Dispose`** throughout a containment hierarchy to ensure that children of a component also free resources
    Additionally, a derived component must invoke the **`Dispose`** method of its base class
  - **Design-time support**

Laboratorio di Ingegneria del Software L-A

6.28

Container

- A container logically contains one or more components that are called the container's child components
- A container is a class that implements the **`System.ComponentModel.IContainer`** interface or derives from a class that implements this interface
- If you are developing components and controls, you do not have to implement containers
- The designers for Windows Forms and for Web Forms are containers for Windows Forms and for ASP.NET server controls
- Containers provide services to the components and controls sited within them - at design time, controls are sited in the designer and obtain services from the designer

Il pattern Dispose
in una Form

```
public class Form1 : System.Windows.Forms.Form
{
   private System.ComponentModel.IContainer components =
     new System.ComponentModel.Container();
   …
   protected override void Dispose(bool disposing)
   {
     if(disposing)
     {
       if(components != null)
       {
         components.Dispose();
       }
     }
     base.Dispose(disposing);
   }
```