

Övning 4 - Minneshantering

OBS - Resultatet av övningen skall visas för lärare och godkännas innan den kan anses vara genomförd.

Instruktioner:

Samtlig kod för övningarna skrivs i det medföljande projektet "SkalProj_Datastrukturer_Minne" på klassens GitHub. I koden finns även kompletterande instruktioner.

Frågorna som ställs besvaras som kommentarer i koden.

Övning 1-4 är prioriterade. 5-6 är extra om tid finns.

Teori och fakta

Mycket av minneshantering inom .NET sköter sig självt, men som programmerare är det bra att ha en viss insikt om hur det går till under huven när koden körs. Minnet är då uppdelat i en **stack** (trave/stapel, senare benämnd: **stacken**) och en **heap** (en trädstruktur, senare benämnd: **heapen**), men innan vi går in på vad dessa två delar hanterar, ska vi ta en titt på hur de fungerar.

Stacken, som namnet föreslår, kan ses som en mängd boxar staplade på varandra. Där vi använder innehållet i den översta boxen och för att komma åt den undre måste den ovanstående boxen först lyftas av. För att exemplifiera detta ytterligare kan stacken ses som skolådor i en skobutik, där du för att komma åt de nedre lådorna måste flytta bort de övre.

Heapen däremot, är inte lika enkel att förklara i ord. *Heapen* är en form av struktur där allt är tillgängligt på en gång med enkel åtkomst. För att även verklighetsförankra denna datastruktur går det att likna *heapen* med en hög med ren tvätt som ligger utspridd över en säng: allt går att nå fort och enkelt bara vi vet vad vi vill ha.

Stacken har koll på vilka *anrop* och *metoder* som körs, när metoden är körd kastas den från *stacken* och nästa körs. *Stacken* är alltså självunderhållande och behöver ingen hjälp med minnet. *Heapen* däremot som håller stor del av informationen (men inte har någon koll på exekveringsordning) behöver oroa sig för **Garbage Collection**. Alltså: skokartongerna sköter sig själv medan tvätthögen måste rensas på smutsig tvätt ibland.

Vad skiljer då det som lagras i stacken och heapen? För att förstå det ska vi lära oss mer om de fyra typerna i C#, **Value Types**, **Reference Types**, **Pointers** och **Instructions**.

Value Types är typer från *System.ValueType* som listas nedan:

<ul style="list-style-type: none">• <i>bool</i>• <i>byte</i>• <i>char</i>• <i>decimal</i>• <i>double</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>enum</i>• <i>float</i>• <i>int</i>• <i>long</i>• <i>sbyte</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>short</i>• <i>struct</i>• <i>uint</i>• <i>ulong</i>• <i>ushort</i>
--	--	---

Reference Types är typer som ärver från *System.Object* (eller är *System.Object.object*)

- *class*
- *interface*
- *object*
- *delegate*
- *string*

Nästa typ är pointers. Dessa är inget som vi behöver tänka på utan behandlas av **Common Language Runtime (CLR)**. En *pointer* skiljer sig från *reference types*, i det avseendet att när något är av en *reference type*, så kommer vi åt det via en *pointer*. En *pointer* är alltså något som tar plats i minnet och pekar på antingen en annan plats i minnet eller *null*.

Instructions kommer inte gås igenom i denna övning, men ni ska veta att det finns.

Hur vet vi då vad som lagras vart?

En *reference type* lagras alltid på *heapen*. Medan *Value types*, lagras där de deklareras. Alltså kan *value types* lagras både på *stacken* eller *heapen*. Följande exempel kan ge mer klarhet:

```
public int AddTen(int InputInt)
{
    int result;
    result = InputInt + 5;
    return result;
}
```

Denna metod (se bild ovan) kommer allt att köras på stacken. Detta då alla *value types* deklareras i en metod, som läggs på stacken.

```
public class MyInt
{
    public int MyValue;
}
```

```
public MyInt AddTen(int InputInt)
{
    MyInt result = new MyInt();
    result.MyValue = InputInt + 5;
    return result;
}
```

I exemplet till vänster kommer dock *MyValue* att ligga på *heapen*, då den deklareras i en klass som är en *reference type*.

Den huvudsakliga skillnaden mellan dessa två, är att all information i det första exemplet kommer att raderas när det är färdigkört då stacken rensar sig själv, medan *MyInt*:en från exempel två kommer fortsätta ta upp plats på *heapen* även efter *stacken* är klar med den. Den kommer ligga där tills *GC (Garbage Collector)* tar hand om den.

Frågor:

1. Hur fungerar *stacken* och *heapen*? Förklara gärna med exempel eller skiss på dess grundläggande funktion
2. Vad är *Value Types* respektive *Reference Types* och vad skiljer dem åt?
3. Följande metoder (se bild nedan) genererar olika svar. Den första returnerar 3, den andra returnerar 4, varför?

```
public int ReturnValue()
{
    int x = new int();
    x = 3;
    int y = new int();
    y = x;
    y = 4;
    return x;
}

0 references
public int ReturnValue2()
{
    MyInt x = new MyInt();
    x.MyValue = 3;
    MyInt y = new MyInt();
    y = x;
    y.MyValue = 4;
    return x.MyValue;
}
```

Datastrukturer och minneseffektivitet

För att underlätta minneshantering och skriva minnessnålare funktionalitet är det bra att ha ett hum om olika datastrukturer och när de kan användas. Detta ska ni nu öva på, dels på papper och dels genom kod. Kom ihåg att kommentera all kod.

Som nämnt tidigare genomförs dessa övningar i det bifogade skalprojektet och frågorna besvaras på relevant plats med kommentarer i koden.

Övning 1: *ExamineList()*

En lista är en *abstrakt datastruktur* som kan implementeras på flera olika sätt. Till skillnad från **arrayer** har *listor* inte en förutbestämd storlek utan storleken ökar i takt med att antalet element i listan ökar. **Listklassen** har dock en underliggande *array* som ni nu ska undersöka. För att se storleken på listans underliggande array används *Capacity-metoden* i *Listklassen*.

1. Skriv klart implementationen av *ExamineList-metoden* så att undersökningen blir genomförbar.
2. När ökar listans kapacitet? (Alltså den underliggande arrayens storlek)
3. Med hur mycket ökar kapaciteten?
4. Varför ökar inte listans kapacitet i samma takt som element läggs till?
5. Minskar kapaciteten när element tas bort ur listan?
6. När är det då fördelaktigt att använda en egendefinierad *array* istället för en lista?

Övning 2: *ExamineQueue()*

Datastrukturen **kö** (implementerad i **Queue-klassen**) fungerar enligt **Först In Först Ut (FIFO)** principen. Alltså att det element som läggs till först kommer vara det som tas bort först.

1. Simulera följande kö på papper:
 - a. ICA öppnar och kön till kassan är tom
 - b. Kalle ställer sig i kön
 - c. Greta ställer sig i kön
 - d. Kalle blir expedierad och lämnar kön
 - e. Stina ställer sig i kön
 - f. Greta blir expedierad och lämnar kön
 - g. Olle ställer sig i kön
 - h. ...
2. Implementera metoden *ExamineQueue*. Metoden ska simulera hur en *kö* fungerar genom att tillåta användaren att ställa element i kön (**enqueue**) och ta bort element ur kön (**dequeue**). Använd *Queue-klassen* till hjälp för att implementera metoden. Simulera sedan ICA-kön med hjälp av ditt program.

Övning 3: *ExamineStack()*

Stackar påminner om köer, men en stor skillnad är att stackar använder sig av **Först In Sist Ut (FILO)** principen. Alltså gäller att det element som stoppas in först (**push**) är det som kommer tas bort sist (**pop**).

1. Simulera ännu en gång ICA-kön på papper. Denna gång med en *stack*. Varför är det inte så smart att använda en *stack* i det här fallet?
2. Implementera en *ReverseText*-metod som läser in en sträng från användaren och med hjälp av en stack vänder ordning på teckenföljden för att sedan skriva ut den omvända strängen till användaren.

Övning 4: *CheckParenthesis()*

Ni bör nu ha tillräckliga kunskaper om ovannämnda datastrukturer för att lösa följande problem.

Vi säger att en sträng är *välformad* om alla parenteser som öppnas även stängs korrekt. Att en parentes öppnas och stängs korrekt dikteras av följande regler:

-), },] får enbart förekomma efter respektive (, {, [
• Varje parentes som öppnas måste stängas dvs "(" följs av ")"

Exempelvis är ({})({}) välformad men inte {}. Vidare kan en sträng innehålla andra tecken, t ex är "List<int> lista = new List<int>(){2, 3, 4};" välformad. Vi bryr oss alltså endast om parenteser!

1. Skapa med hjälp av er nya kunskap funktionalitet för att kontrollera en välformad sträng på papper. Du ska använda dig av någon eller några av de datastrukturer vi precis gått igenom. Vilken datastruktur använder du?
2. Implementera funktionaliteten i metoden *CheckParentheses*. Låt programmet läsa in en *sträng* från användaren och returnera ett svar som reflekterar huruvida strängen är välformad eller ej.

Rekursion och Iteration (Extra om tid finns)

För att ta reda på mer om hur viktigt det är att tänka på hur mycket som läggs på *stacken* finns även detta kapitel om **rekursion** och **iteration**. För en som inte är insatt kan *rekursion* och *iteration* se väldigt lika ut, detta för att en *rekursion* kan ses som en *iteration* av sig själv.

Rekursion är en funktion som anropar sig själv, ned till ett basfall, och därefter gör alla beräkningar upp till det anrop som initierade rekursionen. Nedan följer ett exempel på hur en rekursiv metod kan beräkna det n :te udda talet.

```
public int RecursiveOdd(int n)
{
    if (n == 0)
    {
        return 1;
    }
    return (RecursiveOdd(n - 1) + 2);
}
```

Det metoden gör är att se efter om n är *noll*, om så returnerar den det första udda talet 1. Annars så anropar den sig själv för ett mindre n och lägger till två.

Övning 5: Rekursion

1. Illustrera förloppen för `RecursiveOdd(1)`, `RecursiveOdd(3)` och `RecursiveOdd(5)` på papper för att förstå den rekursiva loop.
2. Skriv en `RecursiveEven(int n)` metod som rekursivt beräknar det n :te jämna talet.
3. Implementera en rekursiv funktion för att beräkna tal i *fibonaccisekvensen*: ($f(n) = f(n-1) + f(n-2)$)

Övning 6: Iteration

Nu när ni är bekanta med rekursion är det dags att kolla på iteration. Iteration är en funktion som upprepar samma sak till dess att målet är uppnått. Så en iterativ funktion för att göra föregående beräkning om det n :te udda talet skulle se ut:

```
public int IterativeOdd(int n)
{
    if (n == 0) return 1;

    int result = 1;

    for (int i = 1; i <= n; i++)
    {
        result += 2;
    }
    return result;
}
```

Denna metod ser om n är *noll*, i så fall returnerar den det första udda talet 1. Annars tar den $1 + 2$ till dess att resultat blir det n :te udda talet.

1. Illustrera på papper förloppen för *IterativeOdd(1)*, *IterativeOdd(3)* och *IterativeOdd(5)* för att förstå iterationen.
2. Skapa en *IterativeEven(int n)* funktion för att iterativt beräkna det n :te jämna talet.
3. Implementera en iterativ version av *fibonacciberäknaren*.

Fråga:

Utgå ifrån era nyvunna kunskaper om iteration, rekursion och minneshantering. Vilken av ovanstående funktioner är mest minnesvänlig och varför?