Упражнения: Други структури от данни

1. Прочетете повече за хеш таблиците

Преди да започнете се запознайте с концепцията за хеш таблица: https://bg.wikipedia.org/wiki/Хеш-таблица. Забележете, че съществуват много стратегии за управление на колизиите като свързване на елементи или отворено адресиране. Тук ще използваме една от най-простите стратегии - свързване на елементите в колизия чрез свързани списъци.

Типичните операции в хеш таблица са:

- Добавяне на елемент
- Премахване на елемент
- Проверка дали даден ключ е в таблицата
- Извличане на елемент
- Промяна на елемент
- Обхождане на всички елементи
- Обхождане на всички ключове
- Обхождане на всички стойности
- Извличане на броя на елементите

2. Дефиниране на класове за хеш таблица

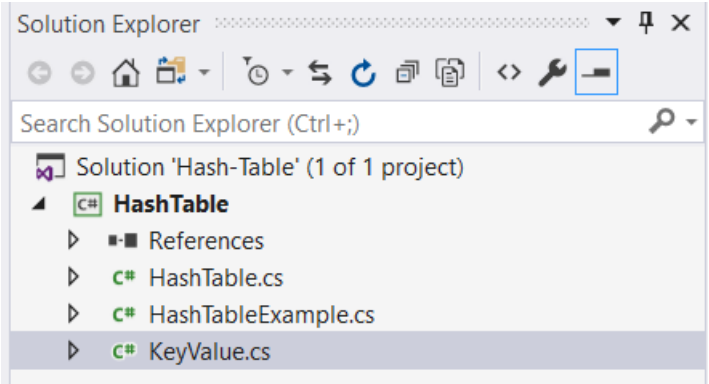
Създайте класове, реализиращи хеш таблица със следната функционалност:

- *Добавяне на елемент*
- *Премахване на елемент*
- *Проверка дали даден ключ е в таблицата*
- *Извличане на елемент*
- *Промяна на елемент*

Реализация

Създайте нов проект (конзолно приложение) във Visual Studio и добавете следните класове:

- *HashTable<TKey, TValue>*
- *KeyValue<TKey, TValue>*



Класът KeyValue<TKey, TValue> ще съдържа елемент от хеш таблицата, като ключа на елемента ще бъде от тип TKey, а стойността от тип TValue.

Два елемента от тип KeyValue<TKey, TValue> ще бъдат считани за еднакви ако ключовете и стойностите им са еднакви.

Хешът на обект от тип KeyValue<TKey, TValue> ще бъде получаван от комбинацията между хешовете на ключа и на стойността.

```
using System;

public class KeyValue<TKey, TValue>
{
    public TKey Key { get; set; }
    public TValue Value { get; set; }

    public KeyValue(TKey key, TValue value)
    {
        this.Key = key;
        this.Value = value;
    }

    public override bool Equals(object other)
    {
        KeyValue<TKey, TValue> element = (KeyValue<TKey, TValue>)other;
        bool equals = Object.Equals(this.Key, element.Key) && Object.Equals(this.Value, element.Value);
        return equals;
    }

    public override int GetHashCode()
    {
        return this.CombineHashCodes(this.Key.GetHashCode(), this.Value.GetHashCode());
    }

    private int CombineHashCodes(int h1, int h2)
    {
        return ((h1 << 5) + h1) ^ h2;
    }

    public override string ToString()
    {
        return $" [{this.Key} -> {this.Value}]";
    }
}
```

Класът HashTable<TKey, TValue> ще съдържа масив от свързани списъци. Този масив ще пази елементите на хеш таблицата. При липса на колизии запълнените клетки на този масив ще съдържат свързан списък с точно един елемент. При идентифициране на колизия съответния свързан списък ще съдържа всички елементи, които са в колизия.

```
using System;
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;

public class HashTable<TKey, TValue> : IEnumerable<KeyValue<TKey, TValue>>
{
    public int Count { get; private set; }

    public int Capacity...

    public HashTable()...

    public HashTable(int capacity)...

    public void Add(TKey key, TValue value)...

    public bool AddOrReplace(TKey key, TValue value)...

    public TValue Get(TKey key)...

    public TValue this[TKey key]...

    public bool TryGetValue(TKey key, out TValue value)...

    public KeyValue<TKey, TValue> Find(TKey key)...

    public bool ContainsKey(TKey key)...

    public bool Remove(TKey key)...

    public void Clear()...

    public IEnumerable<TKey> Keys...

    public IEnumerable<TValue> Values...

    public IEnumerator<KeyValue<TKey, TValue>> GetEnumerator()...

    IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator()...
}
```

3. Реализация на конструктора на хеш таблицата

Реализирайте конструктора на хеш таблицата. Неговото предназначение е да задели памет за клетките, които ще съдържат елементите на хеш таблицата. Ще ни бъдат нужни два конструктора:

- Конструктор без параметри
- Конструктор, приемащ 1 целочислен параметър - капацитета на хеш таблицата

Реализация

```
public const int InitialCapacity = 16;

24 references | 0/23 passing
public HashTable(int capacity = InitialCapacity)
{
    this.slots = new LinkedList<KeyValue<TKey, TValue>>[capacity];
    this.Count = 0;
}
```

Тук константата **InitialCapacity** дефинира началния размер на хеш таблицата - 16 елемента. За съхранение на елементите се използва масив от свързани списъци, за да може да бъде приложена стратегията за разрешаване на конфликти - свързани елементи.

4. Реализация на добавяне на елемент

Реализирайте метода **Add(key, value)**, който добавя елемент в хеш таблицата. Този мето трябва да вземе предвид следните ситуации:

- Добавяне на елемент, който няма колизия със вече съществуващ
- Установяване на колизия при добавяне на елемент
- Установяване на дублиращ се ключ
- Увеличаване на размера на хеш таблицата при нужда (удвояване на размера й, когато сме близо до запълване)

Реализация

```
public void Add(TKey key, TValue value)
{
    GrowIfNeeded();
    int slotNumber = this.FindSlotNumber(key);
    if (this.slots[slotNumber] == null)
    {
        this.slots[slotNumber] = new LinkedList<KeyValue<TKey, TValue>>();
    }
    foreach (var element in this.slots[slotNumber])
    {
        if (element.Key.Equals(key))
        {
            throw new ArgumentException("Key already exists: " + key);
        }
    }
    var newElement = new KeyValue<TKey, TValue>(key, value);
    this.slots[slotNumber].AddLast(newElement);
    this.Count++;
}
```

Стартираме с проверка дали хеш таблицата е пълна. При идентифицирано запълване на хеш таблицата трябва да удвоим размера й. Това се прави от метода **GrowIfNeeded()**. Нека разгледаме поведението на този метод по-късно и за момента го оставим празен:

```
private void GrowIfNeeded()
{
    // TODO: implement this later!
}
```

Следващата стъпка е да намерим клетката в хеш таблицата, която ще държи нашия елемент. Индекса на клетката се изчислява от хеша на ключа. Обикновено за тази цел се използва **GetHashCode()**, наследен от класа **System.Object**, който предоставя изчисление на хеш за вградени и дефинирани от потребител типове в работната рамка .НЕТ. Този метод връща 32 битово число. Тъй като числото ще бъде използвано за индекс в масив, то трябва да е в интервала [0, размера на масива - 1]. Затова делим по модул абсолютната стойност на хеша на размера на таблицата. По този начин винаги получаваме индекс в рамките на размера на хеш таблицата.

```
private int FindSlotNumber(TKey key)
{
    var slotNumber = Math.Abs(key.GetHashCode()) % this.slots.Length;
    return slotNumber;
}
```

След като вече имаме номера на клетката там се съдържа или инстанция на свързан списък или **null**. И в двата случая в тази клетка трябва да имаме свързан списък, съдържащ всички елементи на хеш таблицата с хеш равен на този на елемента, който добавяме.

Проверяваме свързания списък за елемент с ключ равен на ключа на елемента, който добавяме. Ако намерим такъв - операцията спира и излизаме от метода с изключение. Ако ключа не се дублира, елемента се добавя към свързания списък и увеличаваме броя на елементите в хеш таблицата с 1.

5. Реализация на методите GrowIfNeeded() и Grow()

Предназначението на метода **GrowIfNeeded()** е да разпознава дали прагът на запълване на хеш таблицата е достигнат и в този случай да удвои размера ѝ.

Реализация

В нашия случай капацитета на хеш таблицата ни ще бъде удвоен ако тя е запълнена на 75% или повече и ние се опитаме да добавим нов елемент. В този случай ще бъде извикан методът **Grow()**, който извършва оразмеряването на таблицата.

```
public const float LoadFactor = 0.75f;

1 reference
private void GrowIfNeeded()
{
    if ((float)(this.Count + 1) / this.Capacity > LoadFactor)
    {
        // Hash table loaded too much --> resize
        this.Grow();
    }
}
```

Реализирайте интерфейса **IEnumerable<T>**, така че да е възможно итерирането през елементите.

6. Реализация на обхождане на всички елементи

Имплементирайте интерфейса **IEnumerable<T>**, така че да е възможно итерирането през елементите на хеш таблицата посредством конструкцията **foreach**.

Реализация

За да можем да използваме конструкцията foreach с потребителски дефинирани колекции в C#, те трябва да имплементират интерфейса **IEnumerable<T>**. Тъй като хеш таблицата съдържа елементи от тип **KeyValue<TKey, TValue>**, трябва да се имплементира интерфейса **IEnumerable<KeyValue<TKey, TValue>**. Този интерфейс задължава реализацията на следните два метода:

```
IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator()
{
    return this.GetEnumerator();
}
```

и

```
public IEnumerator<KeyValue<TKey, TValue>> GetEnumerator()
{
    foreach (var elements in this.slots)
    {
        if (elements != null)
        {
            foreach (var element in elements)
            {
                yield return element;
            }
        }
    }
}
```

Първия метод извиква втория, а втория върши реалната работа по предоставяне на елементите. В него се обхождат всички елементи в хеш таблицата и за всеки от свързаните списъци, съхранени там, се обхождат всички елементи. Този метод използва конструкцията **yield return** (генерираща

функция), която връща елементите “при поискване”. За да научите повече за генериращите функции прочетете https://en.wikipedia.org/wiki/Generator_(computer_programming).

7. Реализация на метода Find(key)

Реализирайте метод, който търси елемент в хеш таблицата по ключ и връща като резултат стойността му, а в случай, че ключа не е намерен - връща **null**. Алгоритъмът за търсене на елемент в хеш таблицата трябва да бъде с константна сложност.

Подсказка

Вариант на реализацията с линейна сложност би била обхождане на всички елементи в свързаните списъци от хеш таблицата.

За да може да сведем сложността до константна трябва да намерим позицията на свързания списък, отговарящ за този ключ, да обходим елементите му и да намерим този с ключ равен на ключа, с който търсим.

8. Реализация на методите Get(key), TryGetValue(key, Out Value) и ContainsKey(key)

Реализирайте следните методи, като алгоритмите за търсене на елемент в хеш таблицата трябва да бъдат с константна сложност:

- **Get(key)** - намира елемент по ключ и връща като резултат стойността му. Ако ключа не бъде намерен, метода хвърля изключение.
- **TryGetValue(key, out value)** - намира елемент по ключ:
  - ако елементът е намерен метода връща като резултат **True**, а стойността на намерения елемент се записва в изходния параметър **value**
  - ако елементът не бъде намерен, метода връща **False**
- **Contains(key)** - търси конкретен ключ в хеш таблицата и връща булев резултат - ако ключа е намерен метода връща **True** иначе **False**.

Подсказка

Виж подсказката на Зад. 7.

9. Реализация на метода AddOrReplace(key, Value)

Реализирайте метод, който търси елемент в хеш таблицата по ключ и:

- ако ключа съществува в таблицата подменя стойността му със стойността на параметъра **value**
- ако ключа не съществува в таблицата - създава нов елемент и го добавя

Подсказка

Решението е комбинация на Зад. 7 и Зад. 4.

10. Реализация на Indexer This[key]

Реализирайте Indexer в класа HashTable, като **get** секцията му търси елемент в хеш таблицата по зададен ключ, а **set** секцията му подменя стойността на елемент, съхранен на даден ключ. Ако ключа не бъде намерен в таблицата се хвърля изключение.

Подсказка

Синтаксиса на Indexer е:

```
public TValue this[TKey key]
{
    get
    {
        // TODO: return the value by key
    }
    set
    {
        // TODO: add or replace the value by key
    }
}
```

Решението е комбинация на Зад. 7 и Зад. 9.

11. Реализация на Remove(key)

Реализирайте метод за премахване на елемент от хеш таблицата, който приема като параметър ключа на елемента, който трябва да бъде премахнат и връща boolean стойност - **True** ако елемента е премахнат успешно и **False** ако не е намерен.

Подсказка

За да се премахне елемент по ключ, трябва да бъде намерен свързания списък, в който се намира елемента, след което да се премахне елемента от свързания списък.

12. Реализация на Clear()

Реализирайте метод, който премахва всички елементи на хеш таблицата.

Подсказка

Можете да заделите нова памет за хеш таблицата и да върнете брояча на елементите на нула по същия начин, по който това е направено в конструктора.

13. Реализация на свойствата за достъп до всички ключове и всички стойности – Keys и Values

Реализирайте свойства **Keys** и **Values** в класа HashTable. Двете свойства трябва да имат единствено **get** секции, в които да се връща колекция от съответно всички ключове или всички стойности на елементите в хеш таблицата.

Подсказка

Има различни начини да построите колекцията от ключове и колекцията от стойности.

Един начин да върнете всички ключове е да направите колекция **List<TKey>** и в нея последователно да добавяте ключовете на елементите от хеш таблицата докато ги обхождате. Аналогично за стойностите.

Друг начин е да използвате Linq extension методи по следния начин:

```
public IEnumerable<TKey> Keys
{
    get { return this.Select(element => element.Key); }
}

3 references | 0/1 passing
public IEnumerable<TValue> Values
{
    // TODO: similar to Keys --> just select the Key from all hast table elements
}
```

14. Преброяване на символи

Напишете програма, която прочита текст от клавиатурата и преброява употребата на всеки символ в него. Уникалните символи се отпечатват в азбучен ред, а срещу всеки от тях се отпечатва цяло число - колко пъти той се среща в текста.

Input	Output
Coding rocks	: 1 time/s C: 1 time/s c: 1 time/s d: 1 time/s g: 1 time/s i: 1 time/s k: 1 time/s n: 1 time/s o: 2 time/s r: 1 time/s s: 1 time/s

Input	Output
Did you know Math.Round rounds to the nearest even integer?	: 9 time/s .: 1 time/s ?: 1 time/s D: 1 time/s M: 1 time/s R: 1 time/s a: 2 time/s d: 3 time/s e: 7 time/s g: 1 time/s h: 2 time/s i: 2 time/s k: 1 time/s n: 6 time/s o: 5 time/s r: 3 time/s s: 2 time/s t: 5 time/s u: 3 time/s v: 1 time/s w: 1 time/s y: 1 time/s

15. Телефонен указател

Напишете програма, която прочита от клавиатурата имена и телефони на контакти от телефонен указател.

Формата на името и телефона са както следва: **{име}-{телефон}**

Попълването на телефонния указател приключва при въвеждане на командата **search**

След въвеждане на командата **search**, програмата ви трябва да може да търси контакт по име. При въвеждане на име, програмата извежда на екрана името на контакта и телефонния му номер, а ако не намери контакта - връща **"Contact {name} does not exist!"**.

Програмата приключва изпълнение при въвеждане на команда **end**.

Input	Output
Peter-0888080808 **search** Mariika Peter end	Contact Mariika does not exist. Peter -> 0888080808
Peter-+359888001122 Stamat(Gosho)-666 Gero-5559393 Simo-02/987665544 **search** Simo simo Stamat Stamat(Gosho) end	Simo -> 02/987665544 Contact simo does not exist. Contact Stamat does not exist. Stamat(Gosho) -> 666

16. Двоично дърво за търсене

Реализирайте двоично дърво за търсене със следната функционалност:

- *Добавяне на елемент*
- *Търсене на елемент*
- *Премахване на елемент*
- *Проверка дали даден елемент съществува в дървото*

Създайте програма, която прочита от конзолата цяло число N, след което N на брой елементи и ги добавя в двоично дърво за търсене.

Изтрийте от дървото следните елементи:

- *Най-големия*
- *Най-малкия*
- *най-близкия (със закръгляне нагоре) до средното аритметично на всички елементи.*

Отпечатайте дървото на конзолата - всеки елемент на нов ред с отместване по 2 интервала повече за всяко по-дълбоко ниво.