POO

Curs-6

Gavrilut Dragos

STL (Standard Template Library)

- Un set divers de template-uri pentru:
  - Containere (template-uri ale unor clase care pot contine alte clase)
  - Iteratori (pointeri pentru parcurgerea template-urilor)
  - Algoritmi (functii care se pot apela pe un container)
  - Adaptori
  - Alocatori
  - Altele
- Utilizarea STL-ului se face incluzand hederele specifice template-ului pe care vrem sa il folosim.
- Pentru usurinta se adauga si "`using namespace std;`"
- Obiectele din STL se pot apela fie prin numele direct ("`vector<int> x`") daca folosim "`using namespace std;`" sau prin namespace ("`std::vector<int> x`") altfel.
- **Pot exista mai multe implementari pentru obiectele din STL (acestea depind puternic de compilator) → ceea ce inseamna ca si performanta acestora este puternic legata de implementarea lor**

STL-Containere

- Cu date tinute secvential in memorie
  - vector
  - Array
  - list
  - forward_list
  - deque
  - Adaptori (stack, queue, priority_queue)
- Asociativi
  - Ordonati: set, multiset, map, multimap
  - Neordonati: unordered_set, unordered_map, unordered_multiset,unordered_multimap

STL - Vector

- Reprezinta un array uni-dimensional in care se pot tine obiecte
- Constructori:

App.cpp

```
using namespace std;
#include <vector>

void main(void)
{
	vector<Type> v;
	vector<Type> v(Size);
}
```

- Alocarea obiectelor se face dinamic
- Pentru elementele adaugate intr-un vector se face o copie
- Redimensionarea unui obiect de tipul vector se face tot dinamic

STL - Vector

- Inserarea intr-un vector se face cu urmatoarele comenzi: push_back, insert
- Pentru elimiare de elemente putem folosi: pop_back, erase sau clear
- Pentru realocare: metoda resize si reserve
- Pentru access la elemente: operatorul [] si metoda “at”

App.cpp

```
using namespace std;
#include <vector>

void main(void)
{
	vector<int> v;
	v.push_back(1);v.push_back(2);
	int x = v[1];
	int y = v.at(0);
}
```

STL - Vector

App.cpp

```
using namespace std;
#include <vector>

class Integer
{
	int Value;
public:
	Integer() : Value(0) {}
	Integer(int v) : Value(v) {}
	Integer(const Integer &v) : Value(v.Value) {}
	void Set(int v) { Value = v; }
	int  Get() { return Value; }
};

void main(void)
{
	vector<Integer> v;
	Integer i(5);
	v.push_back(i);
	i.Set(6);
	printf("i=%d,v[0]=%d\n", i.Get(), v[0].Get());

}
```

In urma executiei se afiseaza i=6,v[0]=5

STL - Vector

Un exemplu de functionare

App.cpp

```
class Integer
{
	int Value;
public:
	Integer() : Value(0) { printf("[%p] Default ctor\n", this); }
	Integer(int v) : Value(v) { printf("[%p] Value ctor(%d)\n", this,v); }
	Integer(const Integer &v) : Value(v.Value) { printf("[%p] Copy ctor from (%p,%d)\n",
                                                    this, &v, v.Value); }
	Integer& operator= (const Integer& i) { Value = i.Value; printf("[%p] op= (%p,%d)\n",
                                               this, &i, i.Value); return *this; }
	void Set(int v) { Value = v; }
	int  Get() { return Value; }
};
void main(void)
{
	vector<Integer> v;
	Integer i(5);
	for (int tr = 0; tr < 5; tr++)
	{
		i.Set(1000 + tr);
		v.push_back(i);
	}
}
```

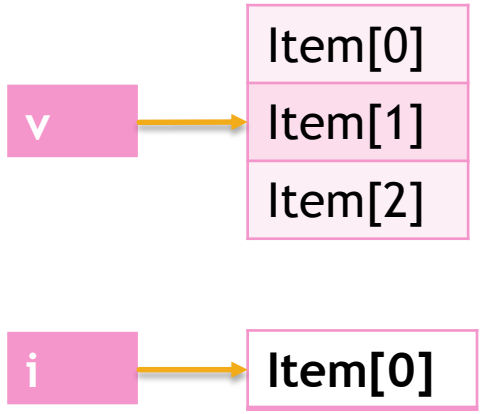
STL - Vector

Un exemplu de functionare

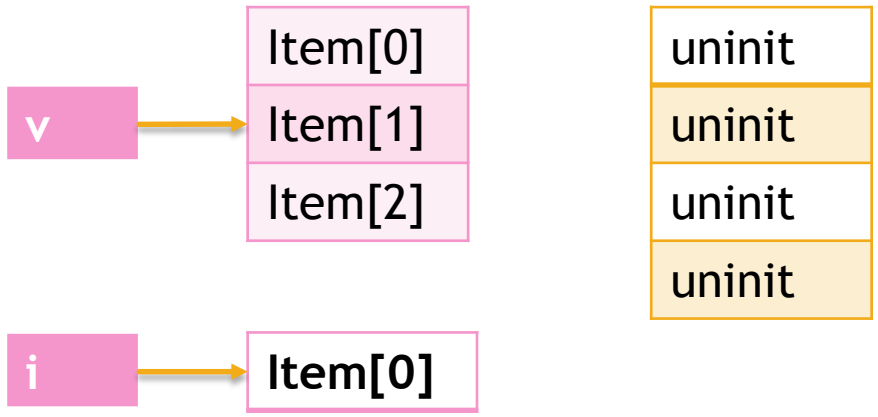
Pas	Output
-	[0098FC90] Value ctor(5)
tr=0	[00D3A688] Copy ctor from (0098FC90,1000)
tr=1	[00D3A6C8] Copy ctor from (00D3A688,1000) [00D3A6CC] Copy ctor from (0098FC90,1001)
tr=2	[00D3A710] Copy ctor from (00D3A6C8,1000) [00D3A714] Copy ctor from (00D3A6CC,1001) [00D3A718] Copy ctor from (0098FC90,1002)
tr=3	[00D3A688] Copy ctor from (00D3A710,1000) [00D3A68C] Copy ctor from (00D3A714,1001) [00D3A690] Copy ctor from (00D3A718,1002) [00D3A694] Copy ctor from (0098FC90,1003)
tr=4	[00D3A6D8] Copy ctor from (00D3A688,1000) … [00D3A6E8] Copy ctor from (0098FC90,1004)

STL - Vector

v.push_back(i)



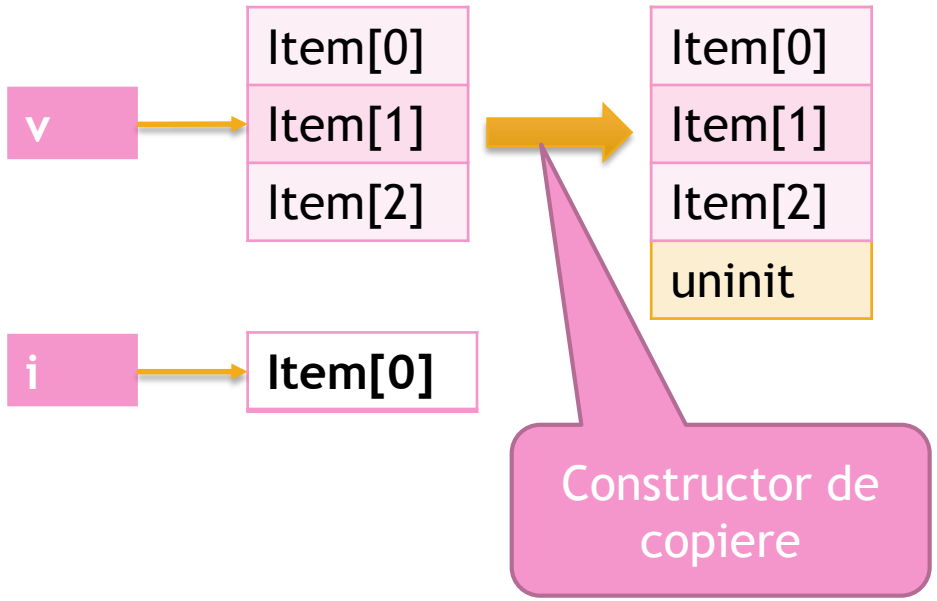
STL - Vector



v.push_back(i)

- Aloca spatiu pentru Count+1 elemente

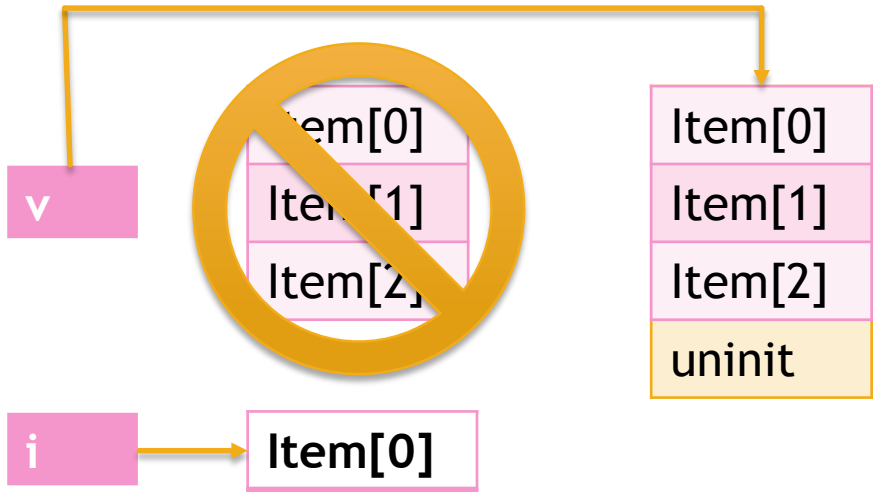
STL - Vector



v.push_back(i)

- Aloca spatiu pentru Count+1 elemente
- Copie primele Count elemente din vectorul vechi in cel nou

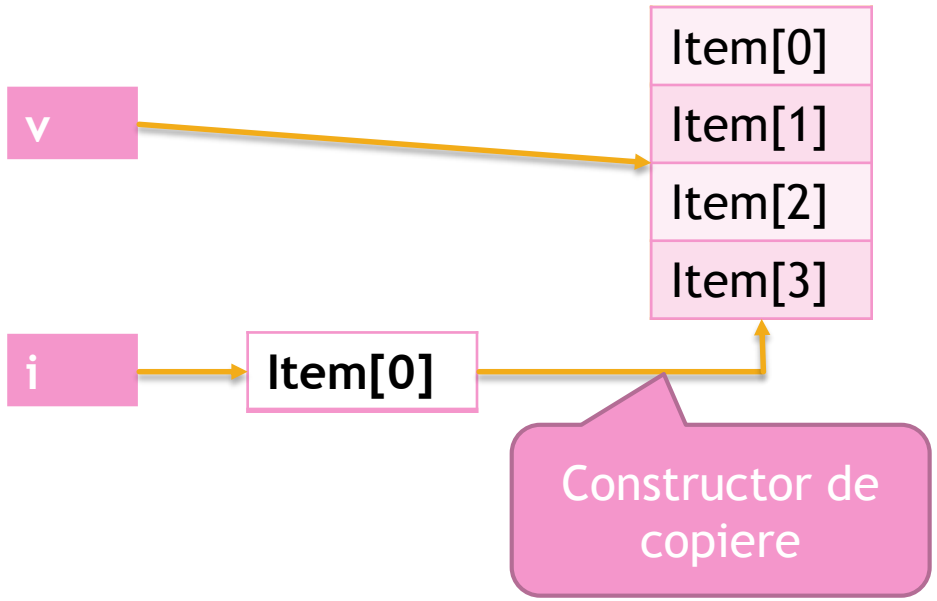
STL - Vector



v.push_back(i)

- Aloca spatiu pentru Count+1 elemente
- Copie primele Count elemente din vectorul vechi in cel nou
- Dealoc elementele vechi si leg obiectul v de array-ul nou

STL - Vector



v.push_back(i)

- Aloca spatiu pentru Count+1 elemente
- Copie primele Count elemente din vectorul vechi in cel nou
- Dealoc elementele vechi si leg obiectul v de array-ul nou
- Copii itemul nou in spatiu alocat pentru el

STL - Vector

Test case:

App-1.cpp

```
#define INTEGER_SIZE 1000
class Integer
{
	int Values[INTEGER_SIZE];
public:
	Integer() { Set(0); }
	Integer(int value) { Set(value	); }
	Integer(const Integer &v) { CopyFrom((int*)v.Values); }
	Integer& operator= (const Integer& i) { CopyFrom((int*)i.Values); return *this; }

	void Set(int value)
	{
		for (int tr = 0; tr < INTEGER_SIZE; tr++)
			Values[tr] = value;
	}
	void CopyFrom(int* lista)
	{
		for (int tr = 0; tr < INTEGER_SIZE; tr++)
			Values[tr] = lista[tr];
	}
	void Set(const Integer &v)
	{
		CopyFrom((int*)v.Values);
	}
};
```

STL - Vector

Test case:

App-1.cpp

```
void main(void)
{
	vector<Integer> v;
	Integer i;
	for (int tr = 0; tr < 100000; tr++)
	{
		i.Set(tr);
		v.push_back(i);
	}
}
```

App-2.cpp

```
void main(void)
{
	vector<Integer> v;
	Integer i;
	v.reserve(100000);
	for (int tr = 0; tr < 100000; tr++)
	{
		i.Set(tr);
		v.push_back(i);
	}
}
```

App-3.cpp

```
void main(void)
{
	Integer *v = new Integer[100000];
	Integer i;
	for (int tr = 0; tr < 100000; tr++)
	{
		i.Set(tr);
		v[tr].Set(i);
	}
}
```

App-4.cpp

```
void main(void)
{
	Integer **v = new Integer*[MAX];
	for (int tr = 0; tr <MAX; tr++)
	{
		v[tr] = new Integer(tr);
	}
}
```

STL - Vector

Studiul s-a desfasurat in urmatorul fel:

- Fiecare dintre cele 4 applicatii au fost executate de 10 ori si s-au masurat timpii in milisecunde
- S-au masurat doi timpi: timpul de initializare si timpul de setare a datelor in vector

App-1.cpp

```
void main(void)
{
	vector<Integer> v;
	Integer i;

	for (int tr = 0; tr < 100000; tr++)
	{
		...
	}
}
```

Durata initializare vector

Durata setare a datelor in vector

- Testele s-au realizat cu urmatoarele specificatii software si hardware:
  - OS: Windows 8.1 Pro
  - Compiler: cl.exe [18.00.21005.1 for x86]
  - Hardware: Dell Latitude 7440 – i7 – 4600U, 2.70 GHz, 8 GB RAM

STL - Vector

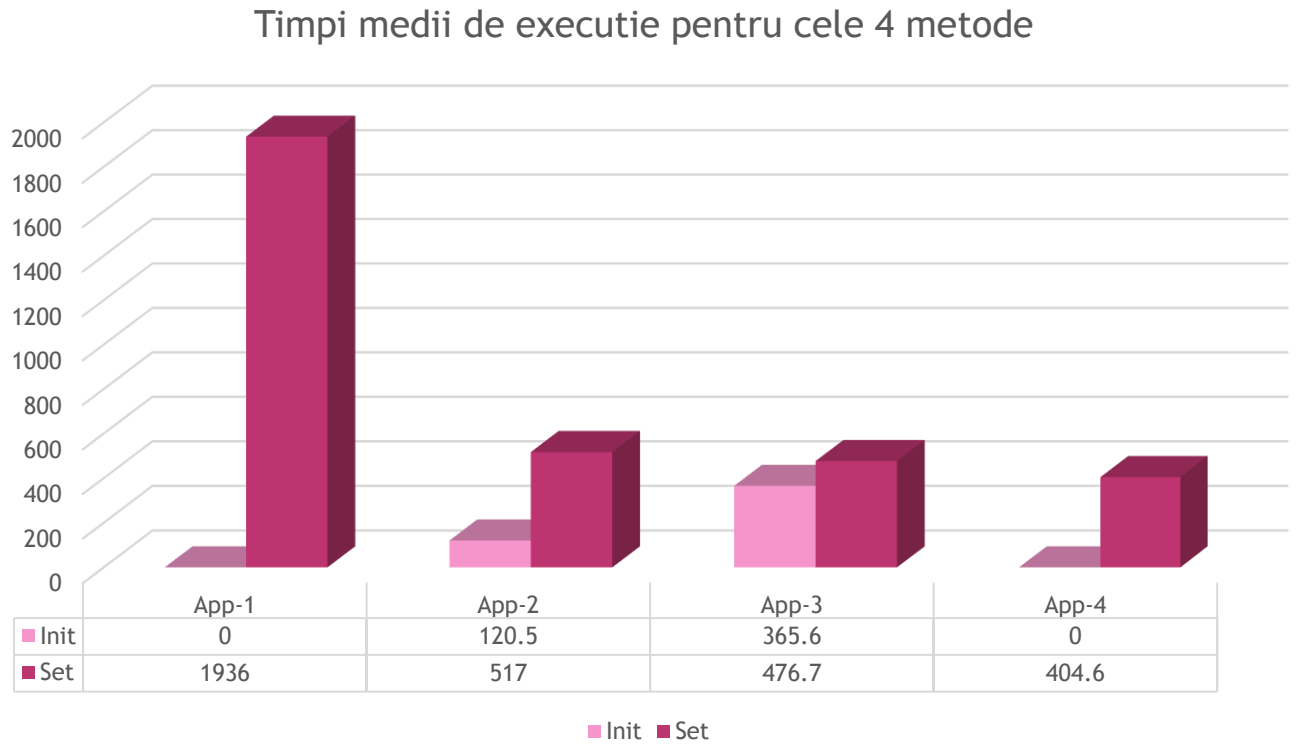
Rezultate:

Alg	Timp	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
App 1	Init	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set	1985	1922	1937	1922	1922	1953	1937	1938	1922	1922
App 2	Init	140	125	157	125	109	110	110	109	110	110
	Set	531	515	515	516	516	515	531	516	515	500
App 3	Init	406	359	360	375	359	360	359	359	359	360
	Set	485	485	468	469	485	468	469	485	469	484
App 4	Init	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set	422	453	453	437	375	391	390	375	375	375

- App (1..4) reprezinta cele 4 metode pe care le-am descries inainte
- “Init” reprezinta seria de timpi necesari pentru initializare
- “Set” reprezinta seria de timpi necesari pentru setarea datelor
- T1 .. T10 sunt timpii rezultati in urma testelor

STL - Vector

Rezultate:



- App (1..4) reprezinta cele 4 metode pe care le-am descries inainte
- “Init” reprezinta seria de timpi necesari pentru initializare
- “Set” reprezinta seria de timpi necesari pentru setarea datelor

STL - Vector

- Pentru parcurgerea unui vector se pot folosi iteratori. Iteratorii pot fi vazuti ca un echivalent al unui pointer pentru un element al containerului

App.cpp

```
void main(void)
{
	vector<int> v;
	v.push_back(1); v.push_back(2); v.push_back(3); v.push_back(4); v.push_back(5);
	vector<int>::iterator it;
	it = v.begin();
	while (it < v.end())
	{
		printf("%d ", (int)(*it));
		it++;
	}
}
```

- Iteratorii supraincarca mai multi operatori. Operatorul ++,-- , adunare, scadere sunt folosit pentru deplasarea iteratorului.
- Operatorul pointer (*) e folosit pentru conversia (cast) la tipul folosit in template-ul de la vector (in cazul de mai sus, la int)

STL - Vector

- Accesul la elemente se poate face si print utilizarea operatorilor + si -> dintr-un iterator.
- Pe langa acest lucru, template-ul vector ofera si doua metoda “front” si “back” prin care se pot accesa primul si ultimul element.

App.cpp

```
class Number
{
public:
	int Value;
	Number() : Value(0) {}
	Number(int val) : Value(val) {}
};
void main(void)
{
	vector<Number> v;
	v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2)); v.push_back(Number(3));
	v.push_back(Number(4)); v.push_back(Number(5));

	vector<Number>::iterator i = v.begin();
	printf("%d\n", i->Value);
	printf("%d\n", (i + 2)->Value);
	printf("%d %d", v.front().Value, v.back().Value);
}
```

- Exemplul de mai sus afiseaza 1 3 1 5

STL - Vector

- Template-ul “vector” ofera pe langa iteratorul normal si un alt iterator (reverse_iterator) care permite parcurgerea lui in ordine inversa

App.cpp

```
class Number
{
...
};
void main(void)
{
	vector<Number> v;
	v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2)); v.push_back(Number(3));
	v.push_back(Number(4)); v.push_back(Number(5));

	vector<Number>::iterator it;
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	vector<Number>::reverse_iterator rit;
	for (rit = v.rbegin(); rit != v.rend(); rit++)
		printf("%d ", rit->Value);
}
```

- Exemplul de mai sus afiseaza “1 2 3 4 5 5 4 3 2 1”

STL - Vector

- Inserarea intr-un vector

App.cpp

```
class Number
{
...
};
void main(void)
{
	vector<Number> v;
	v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2)); v.push_back(Number(3));
	v.push_back(Number(4)); v.push_back(Number(5));
	vector<Number>::iterator i = v.begin();

	v.insert(i + 2, Number(10));

	while (i < v.end())
	{
		printf("%d,", i->Value);
		i++;
	}
}
```

- Exemplul de mai sus afiseaza 1,2,10,3,4,5

STL - Vector

- Stergerea elementelor din vector (v.erase(iterator))

App.cpp

```
class Number
{
...
};
void main(void)
{
	vector<Number> v;
	v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2)); v.push_back(Number(3));
	v.push_back(Number(4)); v.push_back(Number(5));
	vector<Number>::iterator i = v.begin();
	v.erase(i+2);
	v.erase(i+3);
	while (i < v.end())
	{
		printf("%d,", i->Value);
		i++;
	}
}
```

- Exemplul de mai sus afiseaza 1,2,4

STL - Vector

- Codul precent functioneaza. Dar in urma stergerii, un iterator se poate invalida. Ideal ar fi de folosit vector::begin si vector::end in loc sa salvam un iterator intr-o variabila si sa o folosim.

App.cpp

```
class Number
{
...
};
void main(void)
{
	vector<Number> v;
	v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2)); v.push_back(Number(3));
	v.push_back(Number(4)); v.push_back(Number(5));
	vector<Number>::iterator i = v.begin();
	v.erase(i);
	v.erase(i+1);
	while (i < v.end())
	{
		printf("%d,", i->Value);
		i++;
	}
}
```

- Exemplul de mai sus produce o eroare la runtime (“i” este invalidat)

STL - Vector

- Codul precent functioneaza. Dar in urma stergerii, un iterator se poate invalida. Ideal ar fi de folosit vector::begin si vector::end in loc sa salvam un iterator intr-o variabila si sa o folosim.

App.cpp

```
class Number
{
...
};
void main(void)
{
	vector<Number> v;
	v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2)); v.push_back(Number(3));
	v.push_back(Number(4)); v.push_back(Number(5));
	v.erase(v.begin());
	v.erase(v.begin()+1);
	vector<Number>::iterator i = v.begin();
	while (i < v.end())
	{
		printf("%d,", i->Value);
		i++;
	}
}
```

- Exemplul de mai sus functioneaza corect

STL - Vector

- Operatorii de comparatie (==, >=, > , <, !==, <=) sunt suprascrisi
- Doi vectori sunt egali daca au acelasi numar de elemente si daca operatorul de egalitate intre elementele de pe aceleasi pozitie returneaza true.

App.cpp

```
class Number
{
...
};
void main(void)
{
	vector<Number> v1;
	vector<Number> v2;
	for (int tr = 0; tr < 10; tr++)
	{
		v1.push_back(Number(tr));
		v2.push_back(Number(tr));
	}
	if (v1 == v2)
		printf("V1 egal cu V2");
	else
		printf("V2 este diferit de V2");
}
```

- Exemplul de mai sus nu compileaza pentru nu avem operator== definit in Number

STL - Vector

- In continuare codul nu functioneaza (operatorul ==) trebuie sa fie const la randul lui

App.cpp

```
class Number
{
    bool operator==(const Number &n1) { return Value == n1.Value;  }
};
void main(void)
{
      vector<Number> v1;
      vector<Number> v2;
      for (int tr = 0; tr < 10; tr++)
      {
            v1.push_back(Number(tr));
            v2.push_back(Number(tr));
      }
      if (v1 == v2)
            printf("V1 egal cu V2");
      else
            printf("V2 este diferit de V2");
}
```

STL - Vector

- Codul compileaza si functioneaza corect.
- Operatorul de egalitate se poate inlocui si cu o functie friend de felul urmator: “`bool friend operator== (const Number & n1, const Number & n2);`“

App.cpp

```
class Number
{
    bool operator==(const Number &n1) const { return Value == n1.Value;  }
};
void main(void)
{
      vector<Number> v1;
      vector<Number> v2;
      for (int tr = 0; tr < 10; tr++)
      {
            v1.push_back(Number(tr));
            v2.push_back(Number(tr));
      }
      if (v1 == v2)
            printf("V1 egal cu V2");
      else
            printf("V2 este diferit de V2");
}
```

STL - Vector

- Verificarea operatorilor < sau > se face in felul urmator:
  Codul de mai jos e un pseudocod care arata cum se face comparatia pentru operatorul <

App.cpp

```
Function compare(Vector v1,Vector v2)
      Size = MINIM(v1.Size,v2.Size)
      for (i=0;i<Size;i++)
            if (v1[i]<v2[i])
                  return "v1 mai mic ca v2";
            end if
      end for
      if (v1.Size<v2.Size)
            return "v1 mai mic ca v2";
      end if
      return "v1 NU este mai mic ca v2";
End Function
```

STL - Vector

- Verificarea operatorilor < sau > se face in felul urmator:

App.cpp

```
class Number
{
    bool operator<(const Number &n1) const { return Value < n1.Value; }
};
void main(void)
{
      vector<Number> v1;
      vector<Number> v2;

      v1.push_back(Number(1)); v1.push_back(Number(2)); v1.push_back(Number(3));
      v2.push_back(Number(1)); v2.push_back(Number(2)); v2.push_back(Number(4));


      if (v1 < v2)
            printf("OK");
      else
            printf("NOT-OK");
}
```

- Codul compileaza si afiseaza “OK” pentru ca v1[2]=3 si v2[2]=4, iar 3<4

STL - Vector

- Codul de mai jos NU compileaza.

App.cpp

```
class Number
{
    bool operator>(const Number &n1) const { return Value < n1.Value; }
};
void main(void)
{
      vector<Number> v1;
      vector<Number> v2;

      v1.push_back(Number(1)); v1.push_back(Number(2)); v1.push_back(Number(3));
      v2.push_back(Number(1)); v2.push_back(Number(2)); v2.push_back(Number(4));


      if (v1 > v2)
            printf("OK");
      else
            printf("NOT-OK");
}
```

- Template-ul vector are nevoie doar de implementarea operatorului < (daca definim operatorul > dar nu si <) codul nu compileaza. Similar si pentru “!=“ (se foloseste operator == si nu !=)

STL - Vector

- Vectorii se pot asigna intre ei

App.cpp

```
class Number
{
    ...
};
void main(void)
{
      vector<Number> v1;
      vector<Number> v2;

      v1.push_back(Number(1)); v1.push_back(Number(2)); v1.push_back(Number(3));

      v2 = v1;

      for (int i = 0; i < v2.size(); i++)
            printf("%d ", v2[i].Value);
}
```

- Codul compileaza si afiseaza 1 2 3

STL - Vector

- Metode din template-ul vector care se pot folosi pentru a obtine informatii despre statusul unui obiect:
  - size() → numarul de elemente din vector
  - capacity() → spatial prealocat pentru un vector
  - max_size() → numarul maxim de elemente care pot exista in acel vector
  - empty() → “true” daca vectorul nu are nici un element
  - data() → pointer catre elementele de tipul “Type” folosit in template.

App.cpp

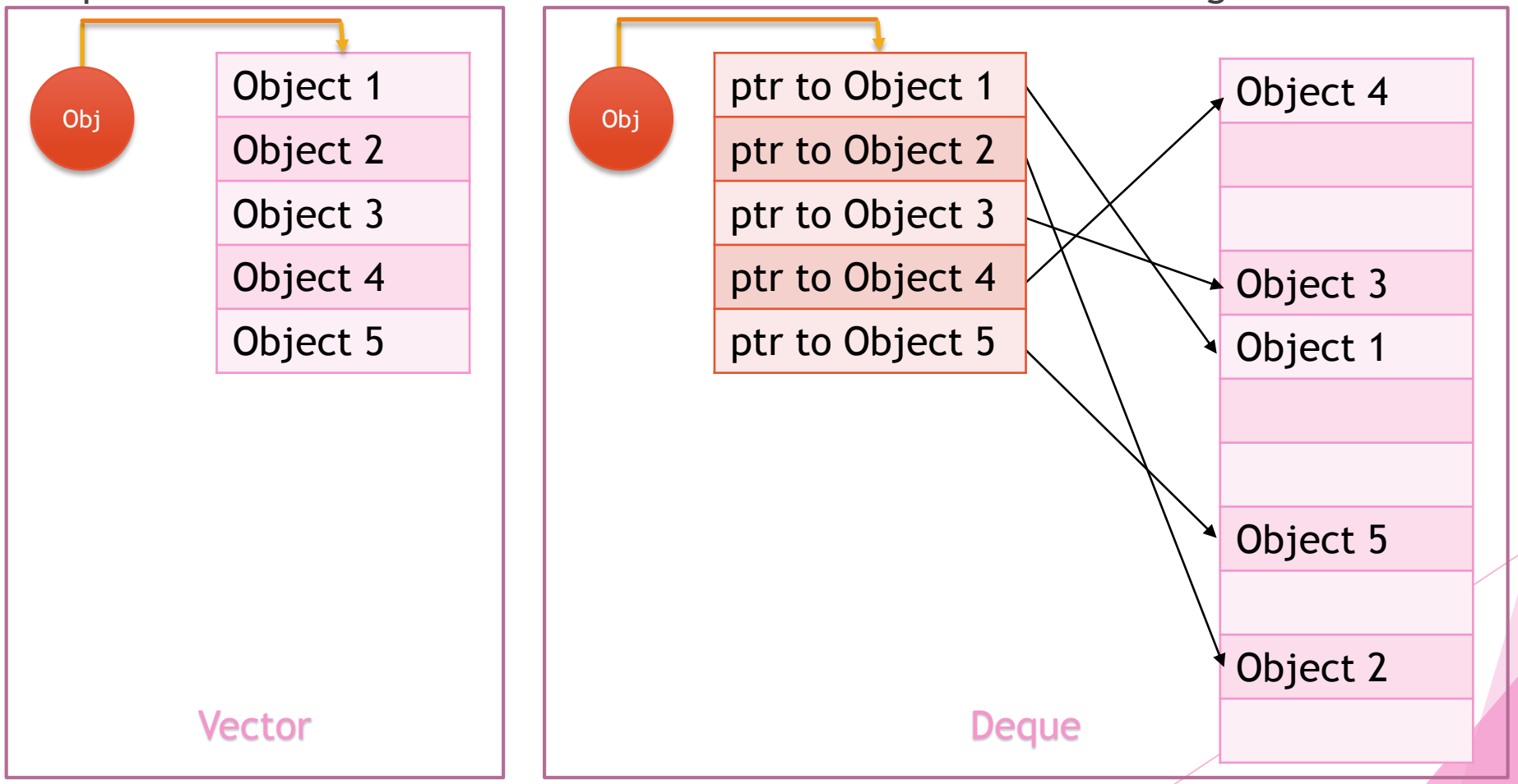
```
class Number { ... };
void main(void)
{
	vector<Number> v;
	v.push_back(Number(0)); v.push_back(Number(1));
	printf("%d ", v.max_size());
	printf("%d ", v.size());
	printf("%d ", v.capacity());
	Number *n = v.data();
	printf("[%d %d]", n[0].Value, n[1].Value);
}
```

STL – Deque

- Template-ul “deque” reprezinta un container foarte similar cu “vector”.
- Diferenta de baza este ca elementele nu sunt tinute consecutive in memorie. Din acest motiv metoda “data” nu este disponibila pentru un container deque
- Acelasi lucru se poate spune si despre metodele reserve si capacity
- In schimb apar metode noi (push_front si pop_front)
- Restul metodelor sunt identice ca si comportament cu cele din clasa “vector”
- Pentru utilzare “`#include <deque>`”

STL – Deque

Comparatie intre metoda prin care template-ul “vector” tine datele in memorie fata de template-ul “deque”. Exemplul are rol ilustrativ – in realitate un “deque” tine mai multe blocuri de memorie la care le face el management.



STL – Deque

Daca reluam experimentul precedent – doar ca de data asta folosim si “deque”

App-1.cpp

```
void main(void)
{
	vector<Integer> v;
	Integer i;
	for (int tr = 0; tr < 100000; tr++)
	{
		i.Set(tr);
		v.push_back(i);
	}
}
```

App-2.cpp

```
void main(void)
{
	vector<Integer> v;
	Integer i;
	v.reserve(100000);
	for (int tr = 0; tr < 100000; tr++)
	{
		i.Set(tr);
		v.push_back(i);
	}
}
```

App-5.cpp

```
void main(void)
{
	deque<Integer> v;
	Integer i;
	for (int tr = 0; tr < 100000; tr++)
	{
		i.Set(tr);
		v.push_back(i);
	}
}
```

STL – Deque

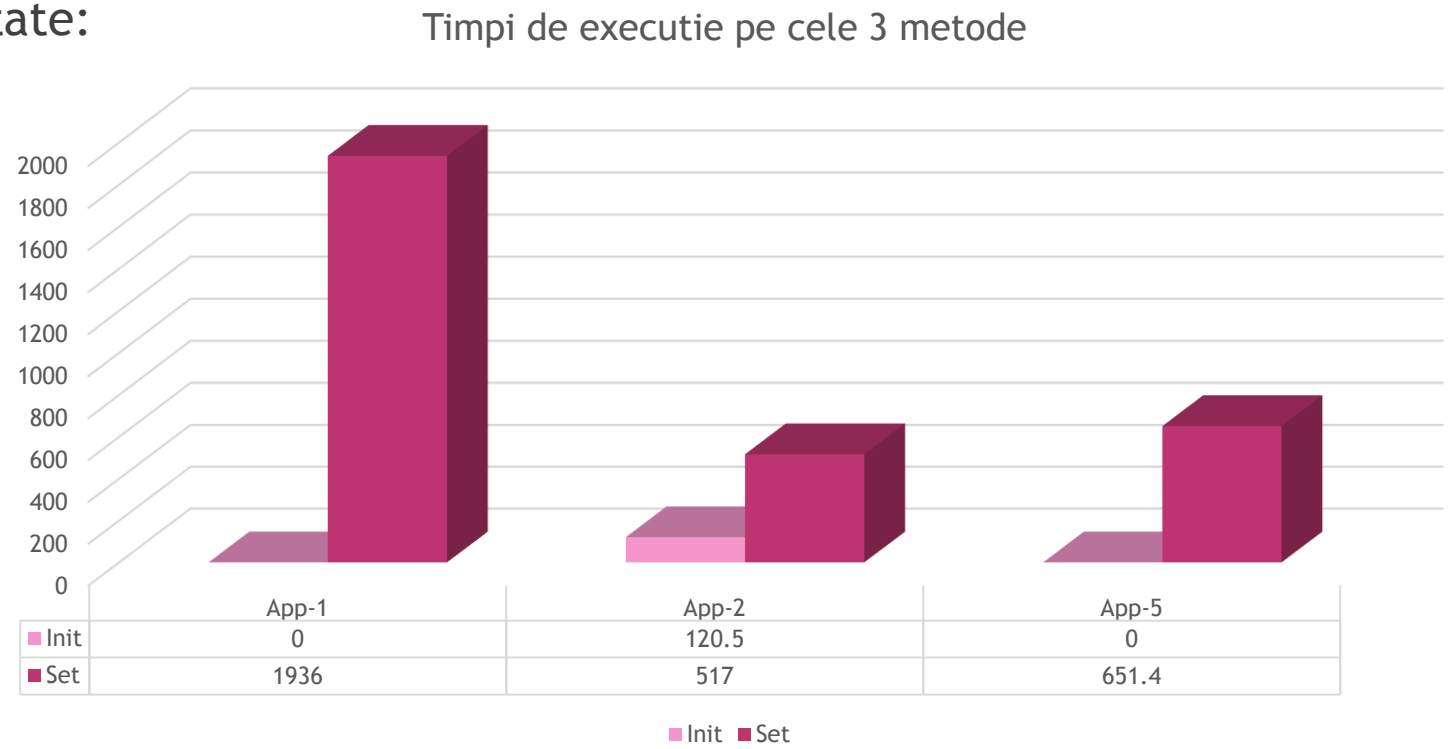
Rezultate:

Alg	Timp	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
App 1	Init	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set	1985	1922	1937	1922	1922	1953	1937	1938	1922	1922
App 2	Init	140	125	157	125	109	110	110	109	110	110
	Set	531	515	515	516	516	515	531	516	515	500
App 5	Init	0	0	0	0	0	0	3509	0	0	0
	Set	687	657	656	640	656	640	656	641	641	640

- App (1,2) reprezinta cele 2 metode care folosesc template-ul vector
- App (5) reprezinta metoda care foloseste template-ul deque
- “Init” reprezinta seria de timpi necesari pentru initializare
- “Set” reprezinta seria de timpi necesari pentru setarea datelor
- T1 .. T10 sunt timpii rezultati in urma testelor

STL – Deque

Rezultate:



- App (1,2) reprezinta cele 2 metode care folosesc template-ul vector
- App (5) reprezinta metoda care foloseste template-ul deque
- “Init” reprezinta seria de timpi necesari pentru initializare
- “Set” reprezinta seria de timpi necesari pentru setarea datelor

STL - Array

- Template-ul “array” a fost introdus in C++11 in STL.
- Reprezinta un vector cu dimensiune fixa
- Are aproximativ acelasi support ca si clasa vector (iteratori, operatori supraincarcati, etc)
- Nu are functiile de adaugare (fiind vector fix nu are sens)
- Nu are functii pentru stergerea elementelor (din acelasi motiv)
- Are in schimb o serie de functii noi pe care clasa vector nu le are (fill)
- Pentru utilzare “`#include <array>`”

STL - Array

- Exemplu de utilizare a template-ului array

App.cpp

```
class Number
{
	...
};
void main(void)
{
	array<Number,5> v;
	v.fill(Number(2));
	for (int tr = 0; tr < v.size(); tr++)
		printf("%d ", v[tr].Value);


	for (array<Number, 5>::iterator it = v.begin(); it < v.end(); it++)
		it->Value = 10;

	printf("%d ", v.at(3).Value);
}
```

- Din cauza ca alocarea este predefinita, “array” este echivalent cu un template de tipul “vector” care foloseste metoda resize()

STL – Array & vector

- Atat template-ul array cat si template-ul vector au doua metode de acces la elemente: operatorul[] si metoda “at”.
- Ambele intorc o referinta catre obiect si au doua forme:
  - `Type& operator[](size_type)`
  - `const Type& operator[](size_type) const`
  - `Type& at(size_type)`
  - `const Type& at(size_type)`
  - size_type este definit ca un size_t (`typedef size_t size_type;`)
- Exista insa diferente intre cele doua implementari (operator[] si metoda “at”)

STL – Array & vector

- Operator[] si metoda “at” din template-ul array

App.cpp

```
reference at(size_type _Pos)
{
	if (_Size <= _Pos)
		_Xran();
	return (_Elems[_Pos]);
}
```

App.cpp

```
reference operator[](size_type _Pos)
{
#if _ITERATOR_DEBUG_LEVEL == 2
	if (_Size <= _Pos)
		_DEBUG_ERROR("array subscript out of range");
#elif _ITERATOR_DEBUG_LEVEL == 1
	_SCL_SECURE_VALIDATE_RANGE(_Pos < _Size);
#endif
	_Analysis_assume_(_Pos < _Size);
	return (_Elems[_Pos]);
}
cu
#define _Analysis_assume_(expr) // pentru release
```

Metoda compilare	Valoare _ITERATOR_DEBUG_LEVEL
Release	0
Release (_SECURE_SCL)	1
Debug	2

STL - List

- Template-ul “list” reprezinta o lista dublu inlantuita
- Elementele nu mai sunt tinute intr-un spatiu continuu ci in functie de cum au fost allocate
- Accesul la elemente este posibil doar prin parcurgerea listei (prin iteratori). Se pot accesa rapid primul si ultimul element.
- Iteratorul din lista nu implementeaza operatorul (<) – elementele nefind in ordine in memorie nu se pot compara. Implementeaza opratorul == si implicit !=.
- Iteratorul din lista nu implementeaza nici operatorul + sau – ci doar ++ sau --
- Metode pentru adaugare de elemente: push_back si push_front
- Pentru stergerea elementelor se poate folosi erase sau pop_front,pop_back
- Suporta si o serie de metode noi: merge, splice (lucru cu alte liste)
- Pentru utilzare “`#include <list>`”

STL - List

- Exemplu de utilizare a template-ului list

App.cpp

```
class Number { ... };
void main(void)
{
	list<Number> v;
	v.push_back(Number(0)); v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2));
	v.push_front(Number(3)); v.push_front(Number(4)); v.push_front(Number(5));

	list<Number>::iterator it;
	for (it = v.begin(); it < v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	it = v.begin()+3;
	v.insert(it, Number(20));
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	it = ++v.begin();
	v.erase(it);
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);
}
```

- Codul nu compileaza pentru ca iteratorul din lista nu suporta comparatie < sau >

STL - List

- Exemplu de utilizare a template-ului list

App.cpp

```
class Number { ... };
void main(void)
{
	list<Number> v;
	v.push_back(Number(0)); v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2));
	v.push_front(Number(3)); v.push_front(Number(4)); v.push_front(Number(5));

	list<Number>::iterator it;
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	it = v.begin()+3;
	v.insert(it, Number(20));
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	it = ++v.begin();
	v.erase(it);
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);
}
```

- Codul nu compileaza pentru ca iteratorul din lista nu suporta operatia de adunare

STL - List

- Exemplu de utilizare a template-ului list

App.cpp

```
class Number { ... };
void main(void)
{
	list<Number> v;
	v.push_back(Number(0)); v.push_back(Number(1)); v.push_back(Number(2));
	v.push_front(Number(3)); v.push_front(Number(4)); v.push_front(Number(5));

	list<Number>::iterator it;
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	it = v.begin();it++;it++;it++;
	v.insert(it, Number(20));
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	it = ++v.begin();
	v.erase(it);
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);
}
```

- Codul compileaza si afiseaza: “5 4 3 0 1 2 5 4 3 20 0 1 2 5 3 20 0 1 2 “

STL – Forward List

- Template-ul “forward_list” reprezinta o lista simplu inlantuita. A fost adaugat in C++11 in STL
- Se respecta aproximativ aceleasi considerenta ca si la lista dublu inlantuita.
- Iteratorul insa nu mai are supraincarcat operatorul-- ci doar ++ (lista este unidirectionala).
- Dispar si anumite metode care se regaseau in list: push_back si pop_back
- Pentru utilzare “`#include <forward_list>`”

STL - Forward List

- Exemplu de utilizare a template-ului forward_list

App.cpp

```
class Number { ... };
void main(void)
{
	forward_list<Number> v;
	v.push_front(Number(0)); v.push_front(Number(1)); v.push_front(Number(2));

	forward_list<Number>::iterator it;
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	it = v.begin();
	it++; it++;
	v.insert_after(it, Number(20));
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);

	it = ++v.begin();
	v.erase_after(it);
	for (it = v.begin(); it != v.end(); it++)
		printf("%d ", it->Value);
}
```

- Codul compileaza si afiseaza: “2 1 0 2 1 0 20 2 1 20“

STL

Metod	vector	Deque	array	list	forward_list
Access elemente	operator[] .at() .front() .back() .data()	operator[] .at() .front() .back()	operator[] .at() .front() .back() .data()	.front() .back()	.front()
Iteratori	.begin() .end()	.begin() .end()	.begin() .end()	.begin() .end()	.begin() .end()
Reverse Iterator	.rbegin() .rend()	.rbegin() .rend()	.rbegin() .rend()	.rbegin() .rend()	
Information	.empty() .size() .max_size()	.empty() .size() .max_size()	.empty() .size() .max_size()	.empty() .size() .max_size()	.empty() .max_size()

STL

Metod	vector	Deque	array	list	forward_list
Dimensiune Capacitate	.resize() .reserve() .capacity()	.resize()		.resize()	.resize()
Adaugare	.push_back() .insert()	.push_back() .push_front() .insert()		.push_back() .push_front() .insert()	.push_front() .insert_after()
Stergere	.clear() .erase() .pop_back()	.clear() .erase() .pop_back() .pop_front()		.clear() .erase() .pop_back() .pop_front()	.clear() .pop_front() .erase_after()

STL – Adaptori

- Adaptorii nu sunt containere – in sensul ca nu au ei o implementare prin care sa poata sa stocheze datele intr-un anumit fel
- In schimb, adaptorii folosesc alti containeri care au aceasta proprietate pentru a stoca datele
- Adaptorii deasemenea, functioneaza doar daca containerul pe care il folosesc implementeaza anumite functii
- Adaptorii NU au iteratori. In schimb se pot folosi iteratorii containerului pe care il folosesc
- Adaptori:
  - stack
  - queue
  - priority_queue

STL - Stack

- Adaptorul care este o expresie pentru o stiva (LIFO – Last In First Out)
- Pentru utilzare “`#include <stack>`”
- Containerul implicit este “deque” (in exemplu de mai jos “s” foloseste deque iar “s2” vector)

App.cpp

```
void main(void)
{
	stack<int> s;
	s.push(10); s.push(20); s.push(30);

	stack<int, vector<int>> s2;
	s2.push(10); s2.push(20); s2.push(30);
}
```

- Implementeaza urmatoarele metode: push, pop, top, empty, size
- Implementeaza si o metoda “_Get_container” prin care putem crea iteratori pe baza containerului folosit

STL - Queue

- Adaptorul care este o expresie pentru o coada (FIFO – First In First Out)
- Pentru utilzare “**#include <queue>**”
- Containerul implicit este “deque” (in exemplu de mai jos “s” foloseste deque iar “s2” list)

App.cpp

```
void main(void)
{
	queue<int> s;
	s.push(10); s.push(20); s.push(30);

	queue<int, list<int>> s2;
	s2.push(10); s2.push(20); s2.push(30);
}
```

- Implementeaza urmatoarele metode: push, pop, back, empty, size
- Implementeaza si o metoda “_Get_container” prin care putem crea iteratori pe baza containerului folosit

STL – Priority Queue

- Adaptorul care este o expresie pentru o coada in care fie fiecare element are o prioritate asociata lui. Elementele sunt ordonate dupa prioritate in coada.
- Pentru utilzare “`#include <queue>`”
- Containerul implicit este “vector”

App.cpp

```
void main(void)
{
	priority_queue<int> s;
	s.push(10); s.push(5); s.push(20); s.push(15);
	while (s.empty() == false)
	{
		printf("%d ", s.top());
		s.pop();
	}
}
```

- Codul de mai sus afiseaza “20 15 10 5”
- Implementeaza urmatoarele metode: push, pop, top, empty, size
- Implementeaza si o metoda “_Get_container” prin care putem crea iteratori pe baza containerului folosit

STL – Priority Queue

- Un priority_queue poate primi si o clasa care trebuie sa implementeze “**operatorul ()**” si care sa fie folosita pentru comparatie.

App.cpp

```
class CompareModule
{
	int modValue;
public:
	CompareModule(int v) : modValue(v) {}
	bool operator() (const int& v1, const int& v2) const
	{
		return (v1 % modValue) < (v2 % modValue);
	}
};
void main(void)
{
	priority_queue<int, vector<int>, CompareModule> s(CompareModule(3));
	s.push(10); s.push(5); s.push(20); s.push(15);
	while (s.empty() == false)
	{
		printf("%d ", s.top());
		s.pop();
	}
}
```

- Exemplul de mai sus afiseaza “5 20 10 15”

STL - Adaptori

Metoda	stack	queue	Priority_queue
push	Container.push_back	Container.push_back	Container.push_back
pop	Container.pop_back	Container.pop_front	Container.pop_back
top	Container.back	N/A	Container.front
back	N/A	Container.back	N/A
size	Container.size	Container.size	Container.size
empty	Container.empty	Container.empty	Container.empty

Adaptor	vector	deque	list	array	forward_list
stack	DA	DA	DA	NU	NU
queue	NU	DA	DA	NU	NU
priority_queue	DA	DA	NU	NU	NU

- Containeri asociativi
- IOS
- Clasa String

STL (containere asociative - pair)

- “pair”este un template care contine doua valori (de doua tipuri diferite)
- Pentru utilzare “**#include <utility>**”
- Are definit operatorul= pentru a putea fi comparate doua obiecte de tipul pair
- Este utilizat intern pentru in containerele asociative
- Definirea template-ului **pair** se face in felul urmator:

App.cpp

```
template <class T1, class T2>
struct pair
{
     T1 first;
     T2 second;
     ...
}
```

STL (containere asociative - map)

- Map este un container care pastreaza perechi de forma (cheie/valoare) accesul la campul **valoare** putand sa se faca prin **cheie**
- Pentru utilzare "`#include <map>`"
- Campul cheie este constant in sensul ca o daca ce s-a adaugat intr-un map o pereche cheie/valoare, cheia nu se mai poate modifica ci doar valoarea. Se pot adauga alte perechi sau se poate sterge o pereche deja existent
- Definirea template-ului map se face in felul urmator:

App.cpp

```
template < class Key, class Value, class Compare = less<Key> > class map
{
...
}
```

STL (containere asociative - map)

- Un exemplu de utilizare map :

App.cpp

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	Note["Ionescu"] = 9;
	Note["Marin"] = 7;
	printf("Nota Ionescu  = %d\n", Note["Ionescu"]);
	printf("Numar intrari = %d\n", Note.size());
	map<const char*, int>::iterator it;
	for (it = Note.begin(); it != Note.end(); it++)
		printf("Note[%s]=%d\n", it->first, it->second);
	it = Note.find("Ionescu");
	Note.erase(it);
	int x = Note["Ionescu"];
	printf("Nota Ionescu  = %d (x=%d)\n", Note["Ionescu"],x);
	printf("Numar intrari = %d\n", Note.size());
}
```

Output

```
Nota Ionescu  = 9
Numar intrari = 3
Note[Popescu]=10
Note[Ionescu]=9
Note[Marin]=7
Nota Ionescu  = 0 (x=0)
Numar intrari = 3
```

STL (containere asociative - map)

- Un exemplu de utilizare map :

App.cpp

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	Note["Ionescu"] = 9;
	Note["Marin"] = 7;
	printf("Nota Ionescu  = %d\n", Note["Ionescu"]);
	printf("Numar intrari = %d\n", Note.size());
	map<const char*, int>::iterator it;
	for (it = Note.begin(); it != Note.end(); it++)
		printf("Note[%s]=%d\n", it->first, it->second);
	it = Note.find("Ionescu");
	Note.erase(it);
	int x = Note["Ionescu"];
	printf("Nota Ionescu  = %d (x=%d)\n", Note["Ionescu"],x);
	printf("Numar int     = %d\n", Note.size());
}
```

Cheia “Ionescu” nu exista in acest punct. Pentru ca nu exista, se creaza una nou, iar valoarea este instantiata prin constructorul default (care pentru tipul **int** faca ca valoarea sa fie 0)

STL (containere asociative - map)

- Functiile suportate de containerul map sunt urmatoarele:

Functie/operator
Asignare (**operator=**)
Access la valori si adaugare (**operator[]** si functiile **at, insert**)
Stergere (functiile **erase** , **clear**)
Cautare in sir (functia **find**)
Iteratori (**begin**, **end**, **rbegin**, **rend**, **cbegin, cend, crbegin, crend** (ultiimii 4 din C++11))
Informatii (**size**, **empty**, **max_size**)

STL (containere asociative - map)

- Accesul la elemente se face prin (operatorul [] si functiile **at** si **find**)

App.cpp

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	printf("Nota = %d\n", Note["Popescu"]);
}
```

App.cpp

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	printf("Nota = %d\n", Note.at("Popescu"));
}
```

App.cpp

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	printf("Nota = %d\n", Note.find("Popescu")->second);
}
```

STL (containere asociative - map)

- Accesul la elemente se face prin (operatorul [] si functiile **at** si **find**)

App.cpp

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	printf("Nota = %d\n", Note["Popescu"]);
}
```

App.cpp (Ionescu nu exista)

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	printf("Nota = %d\n", Note.at("Ionescu"));
}
```

App.cpp (Ionescu nu exista)

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	printf("Nota = %d\n", Note.find("Ionescu")->second);
}
```

STL (containere asociative - map)

- Verificarea daca un element este in map se poate face cu functiile **find** si **count**

App.cpp

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	if (Note.find("Ionescu")==Note.cend())
		printf("Ionescu nu este in lista de note !");
}
```

App.cpp

```
void main(void)
{
	map<const char*, int> Note;
	Note["Popescu"] = 10;
	if (Note.count("Ionescu")==0)
		printf("Ionescu nu este in lista de note !");
}
```

STL (containere asociative - map)

- Datele intr-un container map sunt stocate intr-un red-black tree
- Acest lucru reprezinta un compromise intre timpul de access si insertie a elementelor, si memoria alocata unui astfel de container
- In functie de ce operatie ne intereseaza, e posibil ca sa nu fie cea mai buna solutie (de exemplu daca discutam doar de multi citiri si de putine inserturi sunt implementari mult mai eficiente)
- Facem urmatorul experiment – acelasi algoritm e scris folosind map si un vector simplu si evaluam timpul de insertie.
- Experimentul se repeat de 10 ori pentru fiecare algoritm si masuram timpii de executie in milisecunde pentru fiacre caz.

STL (containere asociative - map)

- Cei doi algoritmi utilizati sunt urmatorii:

App-1.cpp

```
void main(void)
{
	map<int, int> Test;
	for (int tr = 0; tr < 1000000; tr++)
		Test[tr] = tr;
}
```

App-2.cpp

```
void main(void)
{
	int *Test = new int[1000000];
	for (int tr = 0; tr < 1000000; tr++)
		Test[tr] = tr;
}
```

- Chiar daca este evident ca App-2 este mai efficient, trebuie tinut cont de coliziunile de hash care pot aparea. Pe cazul de mai sus, nu exista asa ceva pentru ca cheile sunt tot de tipul integer.

STL (containere asociative - map)

- Rezultate:

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Medie
App-1	20156	20625	20672	20453	19922	19547	19219	19516	19563	19344	**19901**
App-2	0	16	0	0	16	0	15	0	16	0	**6.3**

- Testeles-au realizatcu urmatoarelespecificatiisoftware sihardware:
  - OS: Windows 8.1 Pro
  - Compiler: cl.exe [18.00.21005.1 for x86]
  - Hardware: Dell Latitude 7440 –i7 –4600U, 2.70 GHz, 8 GB RAM

STL (containere asociative - multimap)

- “multimap” este un container similar cu “map”. Diferenta e ca o cheie poate sa contine mai multe valori
- Pentru utilzare “`#include <map>`”
- Accesul la elemente prin operatorul[] si functia at nu mai este posibil.
- Definirea template-ului multimap se face in felul urmator:

App.cpp

```
template < class Key, class Value, class Compare = less<Key> > class multimap
{
...
}
```

STL (containere asociative - multimap)

- Un exemplu de utilizare multimap :

App.cpp

```
void main(void)
{
	multimap<const char*, int> Note;
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 10));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 8));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 7));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 9));
	multimap<const char*, int>::iterator it;
	for (it = Note.begin(); it != Note.end(); it++)
	{
		printf("%s [%d]\n", it->first,it->second);

	}
}
```

Output

```
Ionescu [10]
Ionescu [8]
Ionescu [7]
Popescu [9]
```

STL (containere asociative - multimap)

- Un exemplu de utilizare multimap :

App.cpp

```
void main(void)
{
	multimap<const char*, int> Note;
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 10));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 8));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 7));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 9));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 6));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Georgescu", 8));
	multimap<const char*, int>::iterator it;
	it = Note.begin();
	printf("%s->%d\n", it->first, it->second);
	it = Note.upper_bound(it->first);
	printf("%s->%d\n", it->first, it->second);
	it = Note.upper_bound(it->first);
	printf("%s->%d\n", it->first, it->second);
}
```

Output

```
Ionescu->10
Popescu->9
Georgescu->8
```

STL (containere asociative - multimap)

- Un exemplu de utilizare multimap :

App.cpp

```
void main(void)
{
	multimap<const char*, int> Note;
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 10));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 8));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 7));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 9));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 6));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Georgescu", 8));
	multimap<const char*, int>::iterator it;

	for (it = Note.begin(); it != Note.end(); it = Note.upper_bound(it->first))
	{
		printf("Cheie unica: %s\n", it->first);

	}
}
```

Output

```
Cheie unica: Ionescu
Cheie unica: Popescu
Cheie unica: Georgescu
```

STL (containere asociative - multimap)

- Un exemplu de utilizare multimap :

App.cpp

```
void main(void)
{
	multimap<const char*, int> Note;
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 10));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 8));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 7));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 9));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 6));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Georgescu", 8));
	multimap<const char*, int>::iterator it;

	it = Note.begin();
	while (it != Note.end())
	{
		pair <multimap<const char*, int>::iterator, multimap<const char*, int>::iterator> range;
		range = Note.equal_range(it->first);
		printf("Note %s:", it->first);
		for (it = range.first; it != range.second; it++)
			printf("%d,", it->second);
		printf("\n");
	}
}
```

Output

```
Note Ionescu:10,8,7
Note Popescu:9,6
Note Georgescu:8
```

STL (containere asociative - multimap)

- Un exemplu de utilizare multimap :

App.cpp

```
void main(void)
{
	multimap<const char*, int> Note;
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 10));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 8));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 7));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 9));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 6));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Georgescu", 8));
	multimap<const char*, int>::iterator it,it2;

	it = Note.find("Popescu");
	it2 = Note.upper_bound(it->first);
	printf("Notele lui Popescu: ");
	while (it != it2)
	{
		printf("%d,", it->second);
		it++;
	}
}
```

Output

```
Notele lui Popescu: 9,6
```

STL (containere asociative - multimap)

- Un exemplu de utilizare multimap :

App.cpp

```
void main(void)
{
	multimap<const char*, int> Note;
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 10));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 8));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 7));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 9));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 6));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Georgescu", 8));
	multimap<const char*, int>::iterator it,it2;

	for (it = Note.begin(); it != Note.end(); it = Note.upper_bound(it->first))
	{
		printf("%s are %d note\n", it->first,Note.count(it->first));
	}
}
```

Output

```
Ionescu are 3 note
Popescu are 2 note
Georgescu are 1 note
```

STL (containere asociative - multimap)

- Un exemplu de utilizare multimap :

App.cpp

```
void main(void)
{
	multimap<const char*, int> Note;
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 10));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 8));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 7));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 9));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 6));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Georgescu", 8));
	multimap<const char*, int>::iterator it,it2;

	it = Note.find("Ionescu");
	it++;
	Note.erase(it); // stergem nota 8 de la Ionescu
	for (it = Note.begin(); it != Note.end(); it++)
	{
		printf("%s [%d]\n", it->first, it->second);
	}
}
```

Output

```
Ionescu [10]
Ionescu [7]
Popescu [9]
Popescu [6]
Georgescu [8]
```

STL (containere asociative - multimap)

- Un exemplu de utilizare multimap :

App.cpp

```
void main(void)
{
	multimap<const char*, int> Note;
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 10));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 8));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Ionescu", 7));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 9));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Popescu", 6));
	Note.insert(pair<const char*, int>("Georgescu", 8));
	multimap<const char*, int>::iterator it,it2;

	if (Note.find("Ionescu") != Note.cend())
		printf("Ionescu este in catalog !\n");
	if (Note.find("Marin") == Note.cend())
		printf("Marin NU este in catalog !\n");
}
```

Output

```
Ionescu este in catalog !
Marin NU este in catalog !
```

STL (containere asociative - multimap)

- Functiile suportate de containerul multimap sunt urmatoarele:

Functie/operator
Asignare (**operator=**)
Adaugare (**insert**)
Stergere (functiile **erase** , **clear**)
Access la elemente (functia **find**)
Iteratori (**begin**, **end**, **rbegin**, **rend**, **cbegin, cend, crbegin, crend** (ultiimii 4 din C++11))
Informatii (**size**, **empty**, **max_size**)
Functii speciale (**upper_bound** si **lower_bound** – pentru a accesa intervalele in care se gasesc elemente cu aceasi cheie) sau **equal_range** pentru a obtine un range pentru toate elementele stocate pentru o anumita cheie

STL (containere asociative - set)

- “set” este un container ce permita pastrarea doar a unei singure valori intr-o lista
- Pentru utilzare “**#include <set>**”
- Definirea template-ului **set** se face in felul urmator:

App.cpp

```
template < class Key, class Compare = less<Key> > class set
{
...
}
```

STL (containere asociative - set)

- Un exemplu de utilizare set:

App.cpp

```
void main(void)
{
	set<int> s;
	s.insert(10);
	s.insert(20);
	s.insert(5);
	s.insert(10);
	set<int>::iterator it;

	for (it = s.begin(); it != s.end(); it++)
		printf("%d ", *it);
}
```

Output

```
5 10 20
```

STL (containere asociative - set)

- Un exemplu de utilizare set:

App.cpp

```
struct Comparator {
	bool operator() (const int& leftValue, const int& rightValue) const
	{
		return (leftValue / 20) < (rightValue / 20);
	}
};

void main(void)
{
	set<int, Comparator> s;
	s.insert(10);
	s.insert(20);
	s.insert(5);
	s.insert(10);
	set<int, Comparator>::iterator it;

	for (it = s.begin(); it != s.end(); it++)
		printf("%d ", *it);
}
```

Output

```
10 20
```

STL (containere asociative - set)

- “set” functioneaza tinand toate datele sortate.
- Acest lucru aduce un penalty de performanta la utilizarea lui.

App-3.cpp

```
void main(void)
{
	set<int> s;
	for (int tr = 0; tr < 1000000; tr++)
		s.insert(tr);
}
```

- Daca refacem experimental precedent o sa obtinem urmatoarele valori:

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Medie
App-1	20156	20625	20672	20453	19922	19547	19219	19516	19563	19344	**19901**
App-2	0	16	0	0	16	0	15	0	16	0	**6.3**
App-3	15375	15469	16407	16563	16359	15750	16094	16625	17032	15906	**16158**

STL (containere asociative - set)

- Functiile suportate de containerul **set** sunt urmatoarele:

Functie/operator
Asignare (**operator=**)
Adaugare (**insert**)
Stergere (functiile **erase** , **clear**)
Access la elemente (functia **find**)
Iteratori (**begin**, **end**, **rbegin**, **rend**, **cbegin, cend, crbegin, crend** (ultiimii 4 din C++11))
Informatii (**size**, **empty**, **max_size**)

STL (containere asociative - multiset)

- “multiset” este un container ce permita pastrarea a mai multor valori intr-o lista
- Pentru utilzare “**#include <set>**”
- Definirea template-ului **multiset** se face in felul urmator:

App.cpp

```
template < class Key, class Compare = less<Key> > class multiset
{
...
}
```

STL (containere asociative - multiset)

- Un exemplu de utilizare multiset:

App.cpp

```
void main(void)
{
	multiset<int> s;
	s.insert(10);
	s.insert(20);
	s.insert(5);
	s.insert(10);
	multiset<int>::iterator it;

	for (it = s.begin(); it != s.end(); it++)
		printf("%d ", *it);
}
```

Output

```
5 10 10 20
```

STL (containere asociative - multiset)

- Functiile suportate de containerul multi**set** sunt urmatoarele:

Functie/operator
Asignare (**operator=**)
Adaugare (**insert**)
Stergere (functiile **erase** , **clear**)
Access la elemente (functia **find**)
Iteratori (**begin**, **end**, **rbegin**, **rend**, **cbegin, cend, crbegin, crend** (ultiimii 4 din C++11))
Informatii (**size**, **empty**, **max_size**)
Functii speciale (**upper_bound** si **lower_bound** – pentru a accesa intervalele in care se gasesc elemente cu aceasi cheie) sau **equal_range** pentru a obtine un range pentru toate elementele stocate pentru o anumita cheie

STL (containere asociative – unordered_map)

- Datele intr-un container unordered_map sunt stocate intr-un hash-table
- A fost introdus in C++11
- Pentru utilzare “**#include <unordered_map>**”
- Suporta aceleasi functii ca si **map** la care se mai adauga si functiile pentru controlul bucket-urilor
- Definirea template-ului **unordered_map** se face in felul urmator:

App.cpp

```
template < class Key, class Value, class Hash, class Equal > class unordered_map
{
...
}
```

STL (containere asociative – unordered_map)

- Functionare: tabele de dispersie

Popescu

Ionescu

Georgescu

Functie de hash (transforma un sir de caractere intr-un index)

Index	Value

STL (containere asociative – unordered_map)

- Functionare tabele de dispersie

Popescu

Ionescu

Georgescu

Consideram ca functia de hash-ing este urmatoarea:

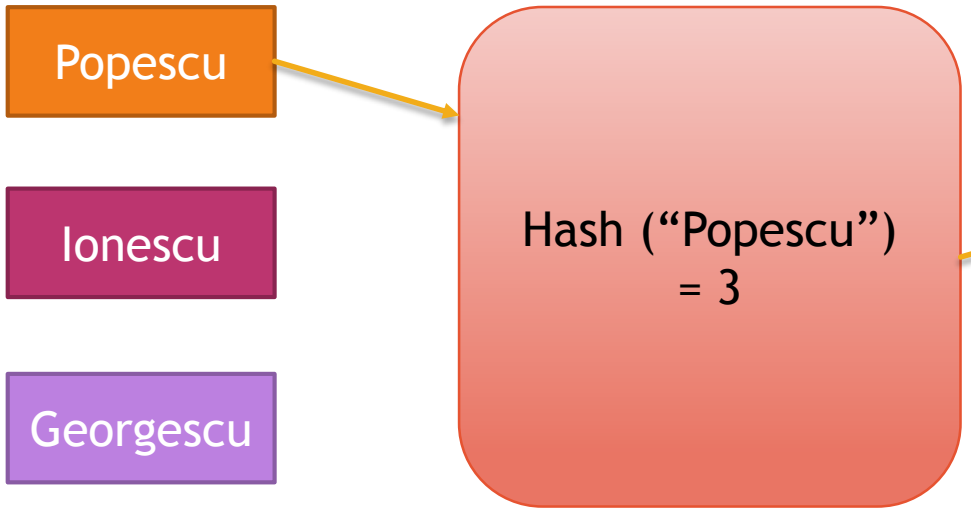
HashFunction

```
int HashFunction(const char* s)
{
	int sum = 0;
	while ((*s) != 0)
	{
		sum += (*s);
		s++;
	}
	return sum % 12;
}
```

Index	Value
0	NULL
1	NULL
2	NULL
3	NULL
4	NULL
5	NULL
6	NULL
7	NULL
8	NULL
9	NULL
10	NULL
11	NULL

STL (containere asociative – unordered_map)

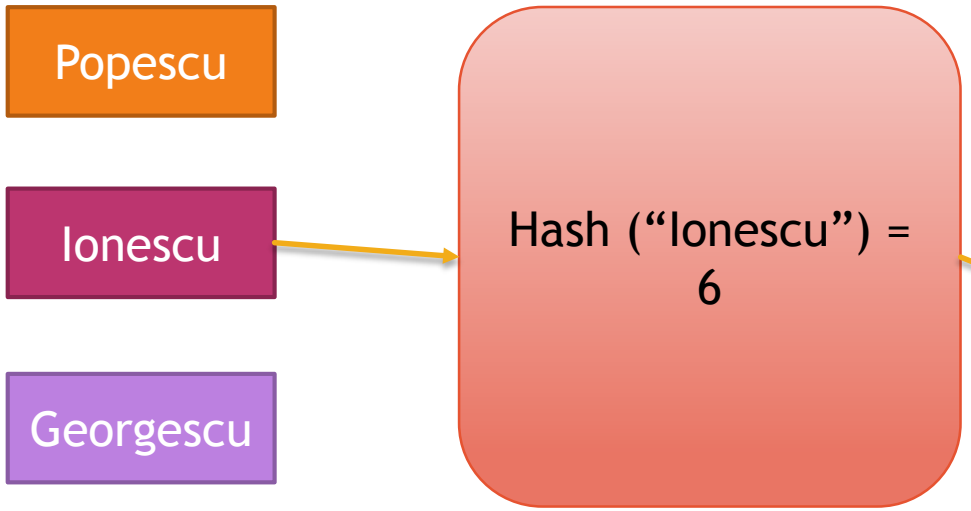
- Functionare tabele de dispersie



Index	Value
0	NULL
1	NULL
2	NULL
3	Popescu
4	NULL
5	NULL
6	NULL
7	NULL
8	NULL
9	NULL
10	NULL
11	NULL

STL (containere asociative – unordered_map)

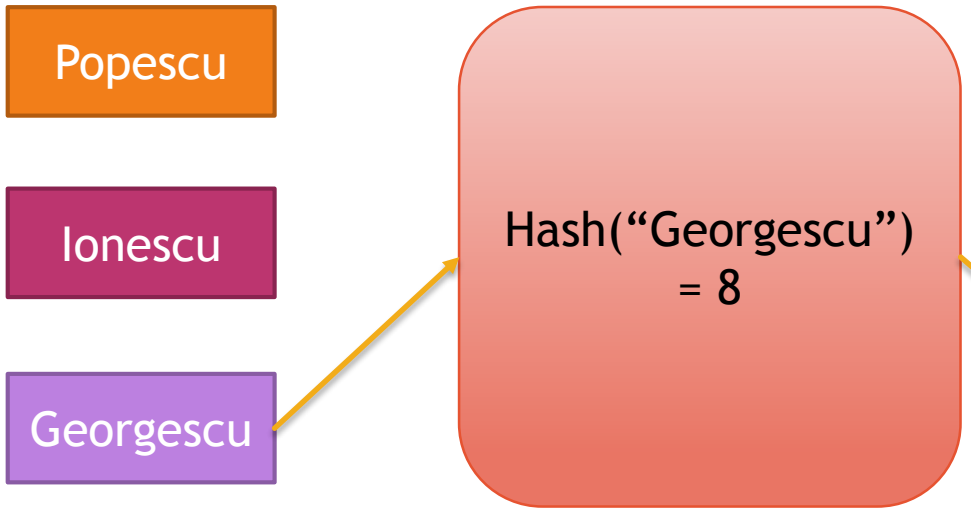
- Functionare tabele de dispersie



Index	Value
0	NULL
1	NULL
2	NULL
3	Popescu
4	NULL
5	NULL
6	Ionescu
7	NULL
8	NULL
9	NULL
10	NULL
11	NULL

STL (containere asociative – unordered_map)

- Functionare tabele de dispersie



Index	Value
0	NULL
1	NULL
2	NULL
3	Popescu
4	NULL
5	NULL
6	Ionescu
7	NULL
8	Georgescu
9	NULL
10	NULL
11	NULL

STL (containere asociative – unordered_map)

- Fie urmatorul cod:

App-4.cpp

```
void main(void)
{
	unordered_map<int,int> s;
	for (int tr = 0; tr < 1000000; tr++)
		Test[tr]=tr;
}
```

- Daca refacem experimental precedent o sa obtinem urmatoarele valori:

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Medie
App-1	20156	20625	20672	20453	19922	19547	19219	19516	19563	19344	**19901**
App-2	0	16	0	0	16	0	15	0	16	0	**6.3**
App-3	15375	15469	16407	16563	16359	15750	16094	16625	17032	15906	**16158**
App-4	14891	15984	15578	15063	15250	15234	15704	14953	15265	15186	**15310**

STL (containere asociative – unordered_map)

- Fie urmatorul cod:

App-5.cpp

```
void main(void)
{
	unordered_map<int,int> s;
	Test.reserve(1000000);
	for (int tr = 0; tr < 1000000; tr++)
		Test[tr]=tr;
}
```

- Daca refacem experimental precedent o sa obtinem urmatoarele valori:

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Medie
App-1	20156	20625	20672	20453	19922	19547	19219	19516	19563	19344	**19901**
App-2	0	16	0	0	16	0	15	0	16	0	**6.3**
App-3	15375	15469	16407	16563	16359	15750	16094	16625	17032	15906	**16158**
App-4	14891	15984	15578	15063	15250	15234	15704	14953	15265	15186	**15310**
App-5	9594	9703	10610	9890	10672	9922	10047	9984	9703	9938	**10006**

STL (containere asociative – unordered_set)

- Containerul **unordered_set** este similar cu un container set doar ca datele nu sunt sortate in memorie
- A fost introdus in C++11
- Pentru utilzare "`#include <unordered_set>`"
- Suporta aceleasi functii ca si **set** + functiile pentru controlul bucket-urilor
- Definirea template-ului **unordered_set** se face in felul urmator:

App.cpp

```
template < class Key, class Hash, class Equal > class unordered_set
{
...
}
```

STL (containere asociative – unordered_set)

- Fie urmatorul cod:

App-6.cpp

```
void main(void)
{
	unordered_set<int> s;
	for (int tr = 0; tr < 1000000; tr++)
		s.insert(tr);
}
```

- Daca refacem experimental precedent o sa obtinem urmatoarele valori:

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Medie
App-1	20156	20625	20672	20453	19922	19547	19219	19516	19563	19344	**19901**
App-2	0	16	0	0	16	0	15	0	16	0	**6.3**
App-3	15375	15469	16407	16563	16359	15750	16094	16625	17032	15906	**16158**
App-4	14891	15984	15578	15063	15250	15234	15704	14953	15265	15186	**15310**
App-5	9594	9703	10610	9890	10672	9922	10047	9984	9703	9938	**10006**
App-6	12140	11625	12047	11984	12109	12078	11609	11578	11782	11672	**11862**

STL (containere asociative – unordered_set)

- Si variant cu reserve:

App-7.cpp

```
void main(void)
{
	unordered_set<int> s;
	Test.reserve(1000000);
	for (int tr = 0; tr < 1000000; tr++)
		s.insert(tr);
}
```

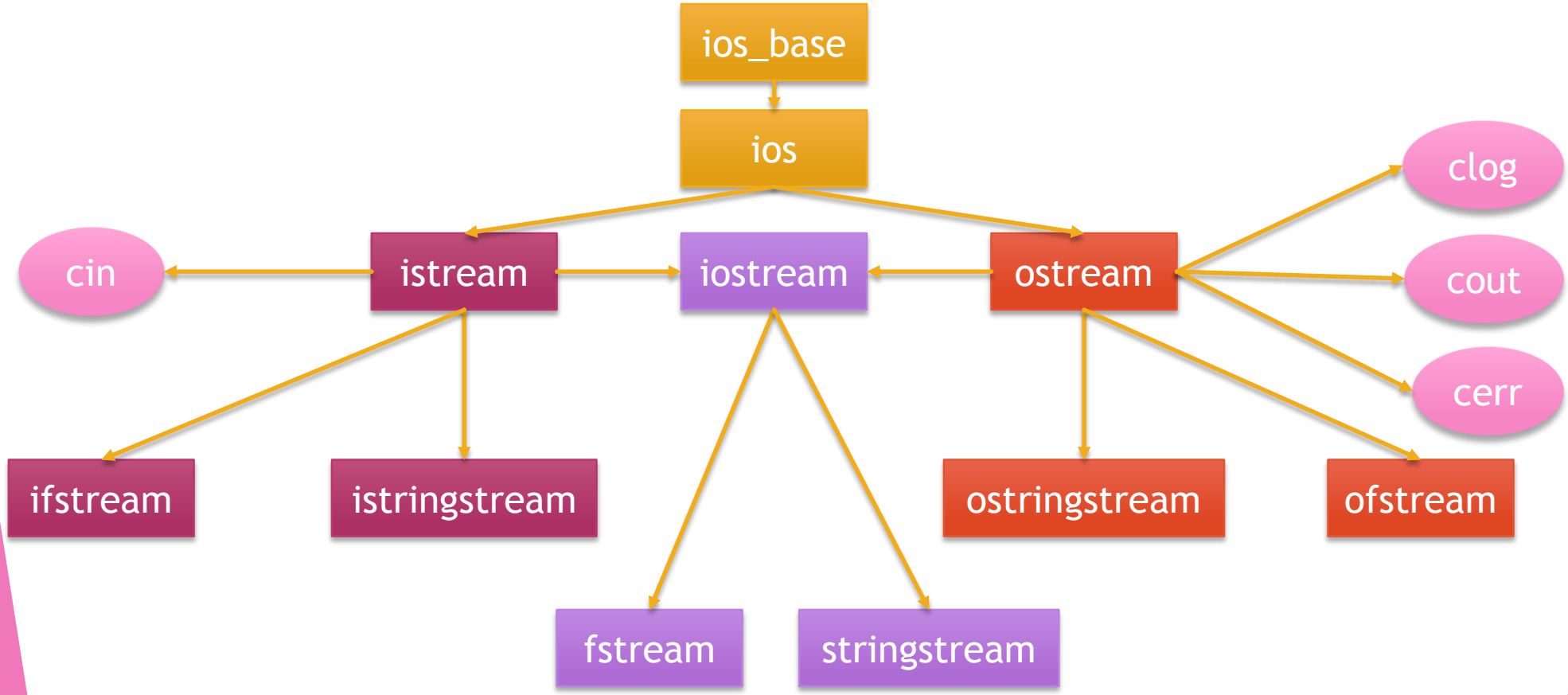
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Medie
App-1	20156	20625	20672	20453	19922	19547	19219	19516	19563	19344	**19901**
App-2	0	16	0	0	16	0	15	0	16	0	**6.3**
App-3	15375	15469	16407	16563	16359	15750	16094	16625	17032	15906	**16158**
App-4	14891	15984	15578	15063	15250	15234	15704	14953	15265	15186	**15310**
App-5	9594	9703	10610	9890	10672	9922	10047	9984	9703	9938	**10006**
App-6	12140	11625	12047	11984	12109	12078	11609	11578	11782	11672	**11862**
App-7	6516	6328	6875	6844	6812	6453	6453	6531	6500	6515	**6582**

STL (containere associative)

- Pe langa containerele presentate, mai exista doua containere associative:
  - unordered_multimap
  - unordered_multiset
- Functioneaza la fel ca si un multimap sau un multiset (diferenta e ca folosesc tabele de dispersie si nu un arbore sortat)
- Trebuie specificat ca utilizarea unuia dintre containerele **map** sau **unordered_map** trebuie facuta tinand cont de cat de rapid vrem sa mearga containerul dar si cat de multa memorie avem disponibila.

- Containeri asociativi
- IOS
- Clasa String

STL (IOS)


ios_base
ios
clog
cout
cerr
cin
istream
iostream
ostream
ifstream
istringstream
ostringstream
ofstream
fstream
stringstream

STL(IOS)

- Din clasele prezentate in ierarhia de mai sus, cele mai folosite sunt istream, ostream si iostream.
- Clasele permit access de tipul I/O la diverse stream-uri (cea mai cunoascuta utilizare fiind accesul la sistemul de fisiere)
- O alta utilizare o reprezinta obiectele definite cin si cout care pot fi folosite pentru a scrie / citi de la terminal
- 2 operatori sunt suprascrisi pentru aceste clase (operator>> si operator<<) reprezentand operatiile de intrare respective iesire din stream.
- La acesti doi operatori s-au adaugat si o serie de manipulatori (elemente care pot schimba modul in care se proceseaza datele care urmeaza dupa ei).

STL (IOS - manipulatori

manipulator	Utilzare
endl	Adauga un terminator de linie (“\n” , “\r\n”, etc) si face flush
ends	Adauga un ‘\0’ (NULL)
flush	Goleste cache-ul intern al stream-ului
dec	Numerele vor fi scrise in baza 10
hex	Numerele vor fi scrise in baza 16
oct	Numerele vor fi scrise in baza 8
ws	Ignora spatiile la intrare
showpoint	Afiseaza punctul zecimal si zerourile
noshowpoint	Nu afiseaza punctul zecimal sau zerourile
showpos	Adauga caracterul “+” in fata numerelor pozitive
noshowpos	Nu adauga caracterul “+” in fata numerelor pozitive

STL (IOS - manipulatori

manipulator	Utilzare
boolalpha	Valorile bool le afiseza cu “true” sau “false”
noboolalpha	Valorile bool le afiseza cu “1” sau “0”
scientific	Notatie stiintifica pentru numere float sau double
fixed	Notatie in punct fix pentru numere
left	Aliniere la stanga
right	Aliniere la dreapta
setfill(char)	Seteaza cu ce character sa se faca fill-ul (altul decat spatiu)
setprecision(n)	Seteaza ce precizie o sa avem pentru numerele reale
setbase(b)	Seteaza baza in care se va afisa

- Containeri asociativi
- IOS
- Clasa String

STL (basic_string)

- Un template definit sa ofere cele mai comune operatii pentru stringuri
- Definita este de felul urmator:

App.cpp

```
template <class CharacterType, class traits = char_traits<CharacterType>>
class basic_string
{
...
}
```

- Cel mai comun obiect derivate obtinut din acest template este **string** si wstring

App.cpp

```
typedef basic_string<char> string;
typedef basic_string<wchar_t> wstring;
```

- Alte obiecte introdu-se in Cx11 bazate pe acelasi template sunt:

App.cpp

```
typedef basic_string<char16_t> u16string;
typedef basic_string<char32_t> u32string;
```

STL (basic_string)

- “char_traits” este un template care ofera o lista de operatii de lucru pe siruri de caractere (nu neaaparat character de tipul **char**) si care va fi folosit de basic_string pentru a face anumite operatii
- Principalele functii definite in char_traits sunt urmatoarele:

Definitie	Functionalitate
`static bool eq (CType c1, CType c2)`	Returneaza **true** daca c1 si c2 sunt egale
`static bool lt (CType c1, CType c2)`	Returneaza **true** daca c1 este mai mic ca c2
`static size_t length (const CType* sir);`	Returneaza dimensiunea unui sir de caractere
`static void assign (CType& caracter, const CType& value)`	Asignare (caracter = value)
`static int compare (const CType* sir1, const CType* sirt, size_t n);`	Compara doua siruri de caractere. Returneaza 1 daca sir1 > sir2, 0 pentru egalitate si -1 pentru sir1<sir2
`static const char_type* find (const char_type* sir, size_t n, const char_type& car);`	Returneaza un pointer catre primul character egal cu **car** din **sir**.

STL (basic_string)

- Principalele functii definite in char_traits sunt urmatoarele:

Definitie	Functionalitate
`static char_type* move (char_type* dest, const char_type* src, size_t n);`	Muta continutul unui sir de caractere intre doua locatii
`static char_type* copy(char_type* dest, const char_type* src, size_t n);`	Copie continutul unui sir de caractere dintr-o locatie in alta
`static int_type eof()`	Returneaza o valoare pentru EOF (deobicei -1)

- “char_traits” are si specializari pentru <char>, <wchar> care folosesc functii rapide de genu memcpy, memmove, etc.
- In general (pentru utilizarea normal de stringuri) nu este necesara crearea unui nou obiect char_traits. Este insa util pentru cazurile in care dorim un comportament mai special (in special daca dorim ca anumite comparatii sau asignari sa le facem altfel – case insensitive, etc)

STL (basic_string)

- “basic_string” suporta diverse forme de initalizare la nivel de constructor:

App.cpp

```
void main(void)
{
	string s1("Astazi");
	string s2(s1+" am");
	string s3(s1, 3, 3);
	string s4("Azi am examen la matematica", 13);
	string s5(s4.substr(7,6));
	string s6(10, '1');

	printf("%s\n%s\n%s\n%s\n%s\n%s\n", s1.c_str(),
					   s2.c_str(),
					   s3.c_str(),
					   s4.c_str(),
					   s5.c_str(),
					   s6.c_str());
}
```

Output

```
Astazi
Astazi am
azi
Azi am examen
examen
1111111111
```

STL (basic_string)

- Functii / operatori suportate de obiectele derivate din template-ul basic_string:

Functie/operator
Asignare (**operator=**)
Apendare (**operator+=** si functiile **append** si **push_back**)
Inserare caractere (functia **insert**)
Access la caractere (**operator[]** si functiile **at** , **front** (C++11) , **back** (C++11))
Substringuri (functia **substr**)
Replace (functia **replace**)
Stergere caractere (functiile **erase** , **clear** , si **pop_back** (C++11))
Cautare in sir (functiile **find**, **rfind**, **find_first_of**, **find_last_of**, **find_first_not_of**, **find_last_not_of**)
Comparatii (**operator>** , **operator<** , **operator==** , **operator!=** , **operator>=** , **operator<=** si functia **compare**)
Iteratori (**begin**,**end**,**rbegin**,**rend**,**cbegin**,**cend**,**crbegin**,**crend** (ultiimii 4 din C++11))
Informatii (**size**, **length**, **empty**, **max_size**, **capacity**)

STL (basic_string)

- Un exemplu de lucru cu obiectele de tipul string:

App.cpp

```
void main(void)
{
	string s1;
	s1 += "Azi";
	printf("Size = %d\n", s1.length());
	s1 = s1 + " " + s1;
	printf("S1 = %s\n", s1.data());
	s1.erase(2, 4);
	printf("S1 = %s\n", s1.c_str());
	s1.insert(1, "_");
	s1.insert(3, "__");
	printf("S1 = %s\n", s1.c_str());
	s1.replace(s1.begin(), s1.begin() + 2, "123456");
	printf("S1 = %s\n", s1.c_str());
}
```

Output

```
Size = 3
S1 = Azi Azi
S1 = Azi
S1 = A_z__i
S1 = 123456z__i
```

STL (basic_string)

- Un exemplu de utilizare char_traits :

App.cpp

```
struct IgnoreCase : public char_traits<char> {
	static bool eq(char c1, char c2) {
		return (upper(c1)) == (upper(c2));
	}
	static bool lt(char c1, char c2) {
		return (upper(c1)) < (upper(c2));
	}
	static int compare(const char* s1, const char* s2, size_t n) {
		while (n>0)
		{
			char c1 = upper(*s1);
			char c2 = upper(*s2);
			if (c1 < c2) return -1;
			if (c1 > c2) return -1;
			s1++; s2++; n--;
		}
		return 0;
	}
};
void main(void)
{
	basic_string<char, IgnoreCase> s1("Salut");
	basic_string<char, IgnoreCase> s2("sAlUt");
	if (s1 == s2)
		printf("Siruri egale !");
}
```