Universitat Politècnica de Catalunya
Facultat d'Informàtica de Barcelona

Cognoms, Nom | D.N.I.

Titulació: Grau en Enginyeria Informàtica
Assignatura: Programació 2 (PRO2)
Duració: 2h 30m

Curs: Q1 2020–2021 (2n Parcial)
Data: 14 de gener de 2021

1. **(5 punts)** Considereu la següent representació amb apuntadors i memòria dinàmica per a una classe llista d'enters amb punt d'interès (act), encadenament doble i sense sentinella.

```
class LlistaInt {
  private:
    struct node_llista {
        int info;
        node_llista* seg;
        node_llista* ant;
    };
    int longitud;
    node_llista* primer_node;
    node_llista* ultim_node;
    node_llista* act;
    ... // especificacio i implementacio d'operacions privades

  public:
    ... // especificacio i implementacio d'operacions publiques
};
```

Volem incloure dins d'aquesta classe dues noves operacions públiques modificadores, `elim_repes_cons()` i `marca_canvis_signe()`, amb la següent especificació:

```
// Pre: la llista paràmetre implícit = L i no és buida
void elim_repes_cons();
// Post: la llista paràmetre implícit és com L, però havent eliminat els
// elements repetits consecutius de L

// Pre: la llista paràmetre implícit = L i no és buida i no conté zeros
void marca_canvis_signe();
// Post: la llista paràmetre implícit és com L, però per a cada canvi de signe entre
// dos elements consecutius de L, hem introduït un element zero al mig dels dos elements
```

Dins del codi d'aquestes dues operacions no s'ha de cridar a cap operació ni pública ni privada de la classe `LlistaInt`, ni de cap altra classe, només consultar i modificar els atributs i els nodes del paràmetre implícit.

Us proporcionem una plantilla del codi i un invariant per a cada operació. També us donem uns pocs exemples de resultats d'aplicació de les dues operacions.

Operació `elim_repes_cons()`

```
l = [21 -4 3 3 3 8 8 -12 3 3 3 3 -5 15]
l.elim_repes_cons() = [21 -4 3 8 -12 3 -5 15]

l = [21 -4 3 8 -12 3 -5 15]
l.elim_repes_cons() = [21 -4 3 8 -12 3 -5 15]

l = [1 1 1 1 1 1 1 1]
l.elim_repes_cons() = [1]
```

```
void elim_repes_cons() {
    node_llista* antact = [                ];
    act = [                ];
    while ([                ]) {
//   Inv: la subllista del parametre implicit fins a l'element apuntat
//        per antact inclos es com la subllista de L fins a l'element
//        anterior al punt d'interes marcat per act, pero havent
//        eliminat d'aquesta els elements repetits consecutius,
//        act = antact->seg,
//        act != nullptr => antact = act->ant

        node_llista* segact = act->seg;
        if ([                ]) {
            [                ]
        }
        else {
            [                ]
        }
    }
    ultim_node = [                ];
}
```

Noteu que `segact` no surt a l'invariant perquè és una variable local del cos del bucle.

Operació `marca_canvis_signe()`

```
l = [21 -4 3 3 3 8 8 -12 -5 15]
l.marca_canvis_signe() = [21 0 -4 0 3 3 3 8 8 0 -12 -5 0 15]

l = [1 2 3 4 3 2 1 -1 -2 -1]
l.marca_canvis_signe() = [1 2 3 4 3 2 1 0 -1 -2 -1]

l = [-1 -1 -1 -1]
l.marca_canvis_signe() = [-1 -1 -1 -1]
```

```
void marca_canvis_signe() {
    node_llista* antact = [                ];
    act = [                ];
    while ([                ]) {
//   Inv: la subllista del parametre implicit fins a l'element apuntat
//        per antact inclos es com la subllista de L fins a l'element
//        anterior al punt d'interes marcat per act, pero per a cada
//        canvi de signe entre dos elements consecutius d'aquesta,
//        hem introduit un element zero al mig dels dos elements;
//        act = antact->seg,
//        act != nullptr => antact = act->ant

        if ([                ]) {
            [                ]
        }
        antact = [                ];
        act = [                ];
    }
}
```

a) (2,5 punts) Ompliu el codi faltant (només els llocs indicats per les capses) per a implementar eficientment l'operació `elim_repes_cons()`. Cada capsa s'ha d'omplir amb una expressió o amb una o més instruccions.

b) (2,5 punts) Ompliu el codi faltant (només els llocs indicats per les capses) per a implementar eficientment l'operació `marca_canvis_signe()`. Cada capsa s'ha d'omplir amb una expressió o amb una o més instruccions.

SOLUCIÓ:

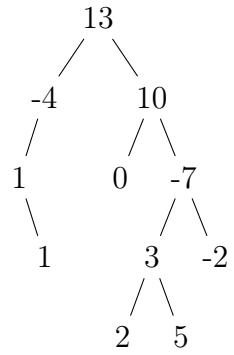
```
void elim_repes_cons() {
    node_llista* antact = primer_node ;
    act = antact->seg ;
    while (act != nullptr ) {
//   Inv: la subllista del parametre implicit fins a l'element apuntat
//        per antact inclos es com la subllista de L fins a l'element
//        anterior al punt d'interes marcat per act, pero havent
//        eliminat d'aquesta els elements repetits consecutius,
//        act = antact->seg,  act != nullptr => antact = act->ant
        node_llista* segact = act->seg;
        if (antact->info == act->info ) {
            delete act; --longitud;
            antact->seg = segact;
            if (segact != nullptr) segact->ant = antact;
            act = segact;
        }
        else {
            antact = act;
            act = segact;
        }
    }
    ultim_node = antact ;
}

void marca_canvis_signe() {
    node_llista* antact = primer_node ;
    act = antact->seg ;
    while (act != nullptr ) {
//   Inv: la subllista del parametre implicit fins a l'element apuntat
//        per antact inclos es com la subllista de L fins a l'element
//        anterior al punt d'interes marcat per act, pero per a cada
//        canvi de signe entre dos elements consecutius d'aquesta,
//        hem introduit un element zero al mig dels dos elements;
//        act = antact->seg,  act != nullptr => antact = act->ant
        if (antact->info * act->info < 0 ) {
            node_llista* nouzero = new node_llista;
            nouzero->info = 0; ++longitud;
            nouzero->ant = antact;
            antact->seg = nouzero;
            nouzero->seg = act;
            act->ant = nouzero;
        }
        antact = act ;
        act = act->seg ;
    }
}
```

2. **(5 punts)** Considerem la següent definició d'una classe `ArbreBinari` en C++

```
template <class T>
class ArbreBinari{
  private:
    struct node {
        T info;
        node* esq;
        node* dre;
    };
    node* arrel; // apuntador a l'arrel de l'arbre
    ...
  public:
    ...
    int frontisses() const;
    ...
};
```

Sigui n un element d'un arbre binari a i suposem que n està situat al node arrel d'un subarbre t de l'arbre a. Direm que n és un element *frontissa* de l'arbre a si es compleix que el valor de n és igual a la diferència entre la suma dels elements del fill dret de t i la suma dels elements del fill esquerre de t. Recordeu que la suma d'un conjunt buit o d'un arbre buit és zero.

Per exemple, en l'arbre binari següent



només existeixen 4 elements que són frontissa: l'arrel 13 (perquè $13 = 11 - (-2)$), l'element 1 situat més a prop de l'arrel ($1 = 1 - 0$), la fulla amb valor 0 ($0 = 0 - 0$) i l'element amb valor 3 ($3 = 5 - 2$).

Es demana implementar la funció pública `frontisses` amb l'especificació següent

// Pre: el tipus `T` dels elements de l'arbre paràmetre implícit té operador + de suma
`int frontisses() const;`
// Post: el resultat es el nombre d'elements frontissa de l'arbre paràmetre implícit

incloent l'especificació i implementació de qualsevol operació auxiliar privada que es cridi des d'ella.

Ni en el codi de `frontisses` ni en el de la o les operacions auxiliars d'aquesta es pot cridar cap operació pública de la classe `ArbreBinari` (per això no hi són a l'enunciat), només es pot accedir a la representació de la classe i cridar operacions privades noves.

a) (4 punts) Especifica i implementa en C++ un o més mètodes `static` privats de la classe `ArbreBinari` que ens permetin calcular eficientment el nombre d'elements frontissa d'un arbre binari.

b) (1 punt) Implementa el mètode públic `frontisses`, usant el o els mètodes privats definits a l'apartat anterior.

SOLUCIÓ:

La solució eficient consisteix en fer una immersió d'eficiència en la que es calculi la suma del subarbre al mateix temps que es calcula el nombre d'elements frontissa. A continuació, us donem un parell de variants d'aquesta solució, en la primera es retorna un `pair` i en la segona la suma s'obté en un paràmetre passat per referència.

- Primera variant:

```
// Pre: cert
// Post: si n és nullptr retorna un parell de zeros, altrament retorna
// un parell on el primer valor és el nombre d'elements frontissa en el subarbre
// que té com arrel el node apuntat per n i el segon valor és la suma dels elements
// d'aquest mateix subarbre
static pair<int,T> ief_frontisses(node* n) {
    pair<int,T> res;
    if (n == nullptr)
        res = make_pair(0,0);
    else {
        pair<int,T> res_esq = ief_frontisses(n->esq);
        pair<int,T> res_dre = ief_frontisses(n->dre);
        T val = n->info;
        res.first = res_esq.first + res_dre.first;
        if (val == res_dre.second - res_esq.second) ++res.first;
        res.second = val + res_esq.second + res_dre.second;
    }
    return res;
}

int frontisses() const {
    pair<int,T> res = ief_frontisses(arrel);
    return res.first;
}
```

- Segona variant:

// Pre: cert
// Post: si n és nullptr retorna un zero i suma val zero, altrament retorna el
// nombre d'elements frontissa en el subarbre que té com arrel el node apuntat
// per n i suma val la suma dels elements d'aquest mateix subarbre

```
static int ief_frontisses(node* n, T& suma) {
    int res;
    if (n == nullptr) {
        res = 0;
        suma = 0;
    }
    else {
        T suma_esq, suma_dre;
        int res_esq = ief_frontisses(n->esq, suma_esq);
        int res_dre = ief_frontisses(n->dre, suma_dre);
        T val = n->info;
        res = res_esq + res_dre;
        if (val == suma_dre - suma_esq) ++res;
        suma = val + suma_esq + suma_dre;
    }
    return res;
}


int frontisses() const {

    T suma;
    return ief_frontisses(arrel,suma);

}
```