

Ejemplo de un invariante de representación complejo

TD3

2º semestre de 2024

Ejercicio *Carrera*

Se tiene una clase *Carrera* que representa una carrera de atletismo. La carrera tiene un conjunto de participantes, cada uno con un identificador único y un nombre único. Además, se registra el tiempo y la posición de llegada de cada participante que finaliza la carrera.

A continuación se detalla la estructura de representación elegida. Escribir en español y en lenguaje formal el invariante de representación de la misma.

```
1 class Carrera {
2 public:
3     Carrera();
4
5     const set<int> & participantes();
6
7     // PRE: el participante 'id' está registrado
8     string nombre(int id) const;
9
10    // PRE: el participante 'id' está registrado y ya llegó a la meta
11    float tiempo_de_llegada(int id) const;
12
13    // PRE: el participante 'id' está registrado y ya llegó a la meta
14    int posicion(int id) const;
15
16    // PRE: ni el 'id' y ni el 'nombre' están registrados previamente
17    void registrar_participante(int id, string nombre);
18
19    // PRE: el participante 'id' está registrado y aún no llegó a la meta
20    void registrar_llegada(int id, float tiempo);
21 private:
22    vector<int> _tabla_posiciones;
23    set<int> _ids_participantes;
24    map<int, float> _tiempo_llegada;
25    set<string> _nombres_participantes;
26    map<string, int> _nombre_a_id;
27 };
```

Propiedades individuales

_tabla_posiciones

- sin repetidos

_ids_participantes

- ¿sin repetidos?

_tiempo_llegada

- ¿sin repetidos?
- los valores son positivos

_nombres_participantes

- no contiene a ""

_nombre_a_id

- no tiene a "" como clave
- valores únicos

Relaciones entre elementos de la estructura

_tabla_posiciones y _ids_participantes

- los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*

_tabla_posiciones y _tiempo_llegada

- *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
- *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*

_tabla_posiciones y _nombres_participantes

- $|_tabla_posiciones| \leq \#_nombres_participantes$

_tabla_posiciones y _nombre_a_id

- $|_tabla_posiciones| \leq \#claves(_nombre_a_id)$
- los id's en la tabla también son valores de alguna clave

Continuamos con las relaciones

_ids_participantes y _tiempo_llegada

- las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*

_ids_participantes y _nombres_participantes

- $\#_ids_participantes = \#_nombres_participantes$

_ids_participantes y _nombre_a_id

- $\#_ids_participantes = \#claves(_nombre_a_id)$
- todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave

Hasta ahora tenemos lo siguiente

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a ""
4. *_nombre_a_id* no tiene a "" como clave
5. *_nombre_a_id* no tiene valores repetidos
6. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
7. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
8. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
9. $|\textit{_tabla_posiciones}| \leq \#\textit{_nombres_participantes}$
10. $|\textit{_tabla_posiciones}| \leq \#\textit{claves(_nombre_a_id)}$
11. los id's en la tabla también son valores de alguna clave en *_nombre_a_id*
12. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
13. $\#\textit{_ids_participantes} = \#\textit{_nombres_participantes}$
14. $\#\textit{_ids_participantes} = \#\textit{claves(_nombre_a_id)}$
15. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*

Identificamos redundancias

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a ""
4. *_nombre_a_id* no tiene a "" como clave
5. *_nombre_a_id* no tiene valores repetidos
6. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
7. *_tabla_posiciones* y claves(*_tiempo_llegada*) tienen los mismos elementos
8. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
9. $|\textit{_tabla_posiciones}| \leq \#\textit{_nombres_participantes}$
10. $|\textit{_tabla_posiciones}| \leq \#\textit{claves}(\textit{_nombre_a_id})$
11. los id's en la tabla también son valores de alguna clave en *_nombre_a_id*
12. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
13. $\#\textit{_ids_participantes} = \#\textit{_nombres_participantes}$
14. $\#\textit{_ids_participantes} = \#\textit{claves}(\textit{_nombre_a_id})$
15. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*

Identificamos redundancias

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a ""
4. *_nombre_a_id* no tiene a "" como clave
5. *_nombre_a_id* no tiene valores repetidos
6. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
7. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
8. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
9. $|\textit{_tabla_posiciones}| \leq \#claves(\textit{_nombre_a_id})$
10. los id's en la tabla también son valores de alguna clave en *_nombre_a_id*
11. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
12. $\#_ids_participantes = \#_nombres_participantes$
13. $\#_ids_participantes = \#claves(\textit{_nombre_a_id})$
14. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*

Referencia:

Redundancias

Qué partes la implican

Identificamos redundancias

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a ""
4. *_nombre_a_id* no tiene a "" como clave
5. *_nombre_a_id* no tiene valores repetidos
6. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
7. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
8. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
9. los id's en la tabla también son valores de alguna clave en *_nombre_a_id*
10. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
11. $\#_ids_participantes = \#_nombres_participantes$
12. $\#_ids_participantes = \#claves(_nombre_a_id)$
13. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*

Identificamos redundancias

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a ""
4. *_nombre_a_id* no tiene a "" como clave
5. *_nombre_a_id* no tiene valores repetidos
6. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
7. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
8. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
9. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
10. *#_ids_participantes = #_nombres_participantes*
11. *#_ids_participantes = #claves(_nombre_a_id)*
12. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*

Qué tenemos hasta ahora

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a “”
4. *_nombre_a_id* no tiene a “” como clave
5. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
6. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
7. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
8. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
9. *#_ids_participantes* = *#_nombres_participantes*
10. *#_ids_participantes* = *#claves(_nombre_a_id)*
11. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*

Continuamos con las relaciones

_tiempo_llegada y *_nombres_participantes*

- $\#claves(_tiempo_llegada) \leq \#_nombres_participantes$

Es redundante porque ya tenemos:

8. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*

9. $\#_ids_participantes = \#_nombres_participantes$

Continuamos con las relaciones

_tiempo_llegada y *_nombre_a_id*

- $\#claves(_tiempo_llegada) \leq \#claves(_nombre_a_id)$
- los id's en *_tiempo_llegada* también son valores de alguna clave en *_nombre_a_id*

Es redundante porque ya tenemos:

8. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*

10. $\#_ids_participantes = \#claves(_nombre_a_id)$

11. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*

Terminamos con las relaciones

_nombres_participantes y *_nombre_a_id*

- *_nombres_participantes* = claves(*_nombre_a_id*)

¿Es redundante?

Juntamos todo

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a ""
4. *_nombre_a_id* no tiene a "" como clave
5. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
6. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
7. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
8. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
9. *#_ids_participantes* = *#_nombres_participantes*
10. *#_ids_participantes* = *#claves(_nombre_a_id)*
11. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*
12. *_nombres_participantes* = *claves(_nombre_a_id)*

Identificamos redundancias

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a ""
4. *_nombre_a_id* no tiene a "" como clave
5. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
6. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
7. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
8. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
9. $\#_ids_participantes = \#_nombres_participantes$
10. $\#_ids_participantes = \#claves(_nombre_a_id)$
11. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*
12. *_nombres_participantes* = *claves(_nombre_a_id)*

Referencia:

Redundancias

Qué partes la implican

Identificamos redundancias

1. `_tabla_posiciones` no tiene repetidos
2. los valores de `_tiempo_llegada` son positivos
3. `_nombres_participantes` no contiene a ""
4. los id's en `_tabla_posiciones` también están en `_ids_participantes`
5. `_tabla_posiciones` y `claves(_tiempo_llegada)` tienen los mismos elementos
6. `_tabla_posiciones` está ordenado en función de los valores en `_tiempo_llegada`
7. las claves de `_tiempo_llegada` están en `_ids_participantes`
8. `#_ids_participantes = #_nombres_participantes`
9. `#_ids_participantes = #claves(_nombre_a_id)`
10. todo elemento de `_ids_participantes` es valor de alguna clave en `_nombre_a_id`
11. `_nombres_participantes = claves(_nombre_a_id)`

Tenemos nuestro invariante de representación

1. *_tabla_posiciones* no tiene repetidos
2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos
3. *_nombres_participantes* no contiene a ""
4. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*
5. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos
6. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*
7. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*
8. $\#_ids_participantes = \#_nombres_participantes$
9. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*
10. $_nombres_participantes = claves(_nombre_a_id)$

Por último, especificamos algunas de las cláusulas

2. los valores de *_tiempo_llegada* son positivos

$(\forall id: \text{int})(id \in \text{claves}(e.\textit{_tiempo_llegada}) \rightarrow e.\textit{_tiempo_llegada}[id] > 0)$

4. los id's en *_tabla_posiciones* también están en *_ids_participantes*

$(\forall i: \text{int})(0 \leq i < |e.\textit{_tabla_posiciones}| \rightarrow$

$e.\textit{_tabla_posiciones}[i] \in e.\textit{_ids_participantes})$

5. *_tabla_posiciones* y *claves(_tiempo_llegada)* tienen los mismos elementos

$(\forall id: \text{int})(\text{pertenece}(id, e.\textit{_tabla_posiciones}) \Leftrightarrow$

$id \in \text{claves}(e.\textit{_tiempo_llegada}))$

Por último, especificamos algunas de las cláusulas

6. *_tabla_posiciones* está ordenado en función de los valores en *_tiempo_llegada*

$$(\forall i:\text{int})(0 < i < |e.\textit{_tabla_posiciones}| \rightarrow \\ e.\textit{_tiempo_llegada}[e.\textit{_tabla_posiciones}[i-1]] \leq \\ e.\textit{_tiempo_llegada}[e.\textit{_tabla_posiciones}[i]])$$

7. las claves de *_tiempo_llegada* están en *_ids_participantes*

$$(\forall id:\text{int})(id \in \text{claves}(e.\textit{_tiempo_llegada}) \rightarrow id \in e.\textit{_ids_participantes})$$

Por último, especificamos algunas de las cláusulas

10. todo elemento de *_ids_participantes* es valor de alguna clave en *_nombre_a_id*

$$(\forall id: \text{int}(id \in e._ids_participantes) \rightarrow \text{esValorEnDicc}(id, e._nombre_a_id))$$

$\text{esValorEnDicc}(\text{valor: int}, \text{dicc: map}\langle \text{string}, \text{int} \rangle) \equiv$

$$(\exists \text{clave: string})(\text{clave} \in \text{claves}(\text{dicc}) \wedge \text{dicc}[\text{clave}] = \text{valor})$$