

Κατασκευαστής αντιγραφής και αντιγραφή ανάθεσης

#12

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (Άρτα)

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Γκόγκος Χρήστος

Συναρτήσεις που δημιουργούνται αυτόματα

- Οι ακόλουθες δύο συναρτήσεις μέλη που έχουμε ήδη συναντήσει, κάτω από ορισμένες περιστάσεις δημιουργούνται αυτόματα από τον μεταγλωττιστή
 - **Κατασκευαστής:** Ένας κενός προκαθορισμένος κατασκευαστής (δηλαδή ένας κατασκευαστής χωρίς παραμέτρους και με κενό σώμα) δημιουργείται αυτόματα αν δεν οριστεί κάποιος άλλος κατασκευαστής.
 - **Καταστροφέας:** Ένας κενός καταστροφέας δημιουργείται αν δεν οριστεί καταστροφέας (επίσης με κενό σώμα).
- Δύο άλλες συναρτήσεις μέλη που επίσης, κάτω από ορισμένες περιστάσεις δημιουργούνται αυτόματα είναι ο κατασκευαστής αντιγραφής (**copy constructor**) και ο τελεστής ανάθεσης (**assignment operator**)

Κατασκευαστής αντιγραφής (copy constructor)

- Ο κατασκευαστής αντιγραφής είναι κατασκευαστής, και συνεπώς:
 - Έχει το ίδιο όνομα με την κλάση.
 - Δεν έχει τύπο επιστροφής (αν και φαίνεται σαν να επιστρέφει ένα αντικείμενο της κλάσης του όταν καλείται ρητά).
- Όπως και με τον κατασκευαστή μετατροπής υπάρχουν περιπτώσεις που ο copy constructor καλείται υπονοούμενα. Αυτό συμβαίνει:
 - Όταν ένα αντικείμενο δηλώνεται να έχει την ίδια τιμή με ένα άλλο αντικείμενο
 - Παράδειγμα:

```
Fraction f1(1,2);  
Fraction f2 = f1; // το νέο αντικείμενο αρχικοποιείται ως ένα αντίγραφο του f1
```
 - Όταν ένα αντικείμενο **περνά με τιμή (by value)** σε μια συνάρτηση
 - Όταν ένα αντικείμενο **επιστρέφεται με τιμή (by value)** από μια συνάρτηση

Δήλωση κατασκευαστή αντιγραφής

- Καθώς ο σκοπός ενός κατασκευαστή αντιγραφής είναι να αρχικοποιηθεί ένα νέο αντικείμενο ως αντίγραφο ενός άλλου αντικειμένου, δέχεται ένα αντικείμενο ως παράμετρο.
 - `classname(const classname&)`
- Η παράμετρος είναι `const` (αν και δεν απαιτείται) διότι ο κατασκευαστής αντιγραφής **δεν θα πρέπει** να τροποποιεί την παράμετρο.
- Η παράμετρος θα πρέπει να περνά με αναφορά. Αν περνούσε με τιμή τότε λόγω αναδρομικής κλήσης της ίδιας συνάρτησης, δηλαδή του copy constructor θα οδηγούμασταν σε stack overflow (ωστόσο, ο μεταγλωττιστής δεν επιτρέπει να δηλώσουμε σε κατασκευαστή αντιγραφής την παράμετρο να περνά με τιμή).
- Παραδείγματα:
 - `Fraction(const Fraction &f);`
 - `Mixed(const Mixed& m);`

Κατασκευαστής αντιγραφής

- Τι θα πρέπει να κάνει ένας copy constructor;
 - Να αντιγράψει τα μέλη δεδομένων από την παράμετρο στο νέο αντικείμενο.
 - Παράδειγμα:

```
Fraction(const Fraction &f) {  
    numer = f.numer;  
    denom = f.denom;  
}
```

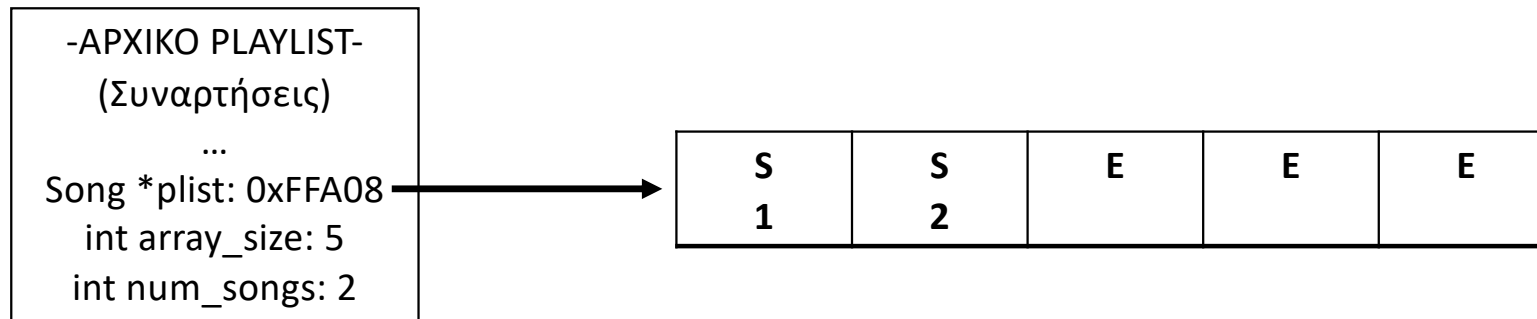
ή

```
Fraction(const Fraction &f) {  
    this->numer = f.numer;  
    this->denom = f.denom;  
}
```

- Ο copy constructor που δημιουργείται αυτόματα (default copy constructor) κάνει ακριβώς αυτό.
- Ωστόσο, δεν είναι αυτή η συμπεριφορά που θα θέλαμε σε όλες τις περιπτώσεις

«Προβληματικός» προκαθορισμένος κατασκευαστής αντιγραφής: ρηχή αντιγραφή

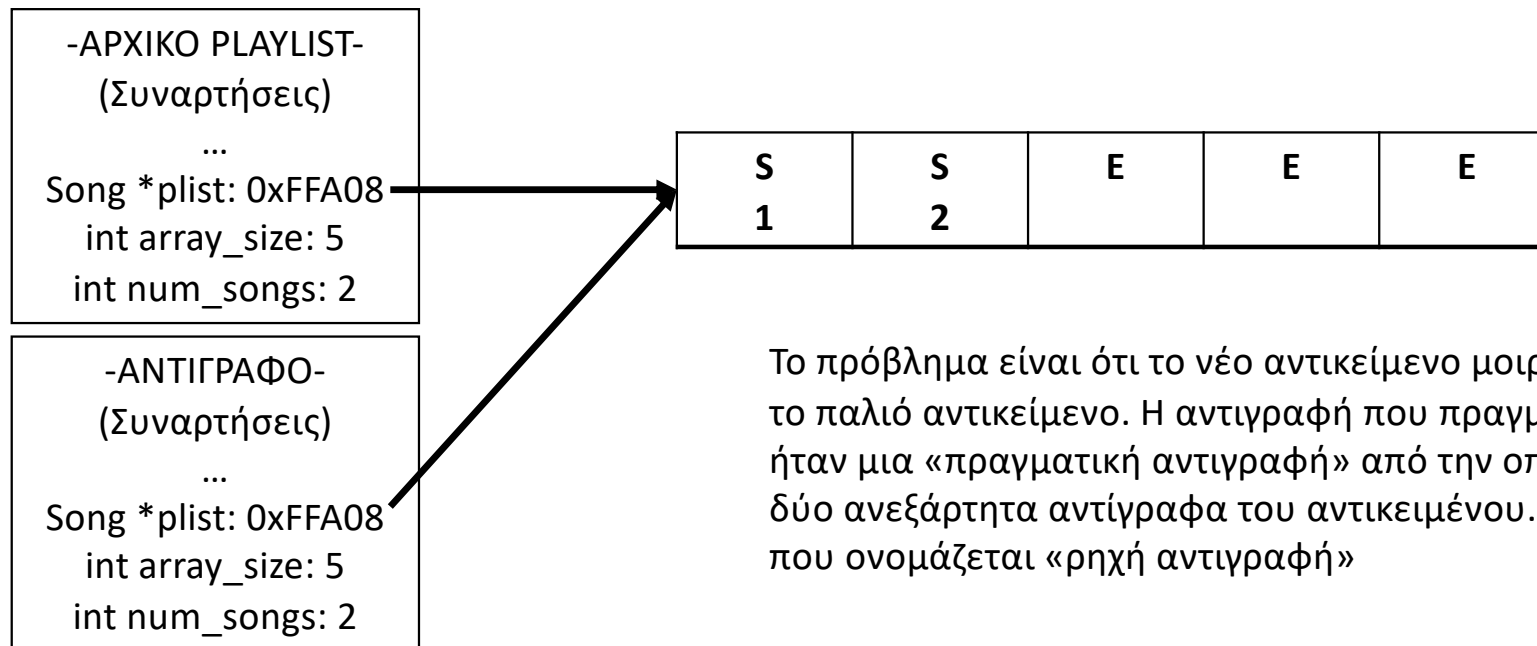
- Έστω ότι θέλουμε να αντιγράψουμε ένα αντικείμενο playlist



- Η ρηχή αντιγραφή (shallow copy) κάνει **ακριβής** αντιγραφή όλων των μελών δεδομένων από το παλιό αντικείμενο στο νέο

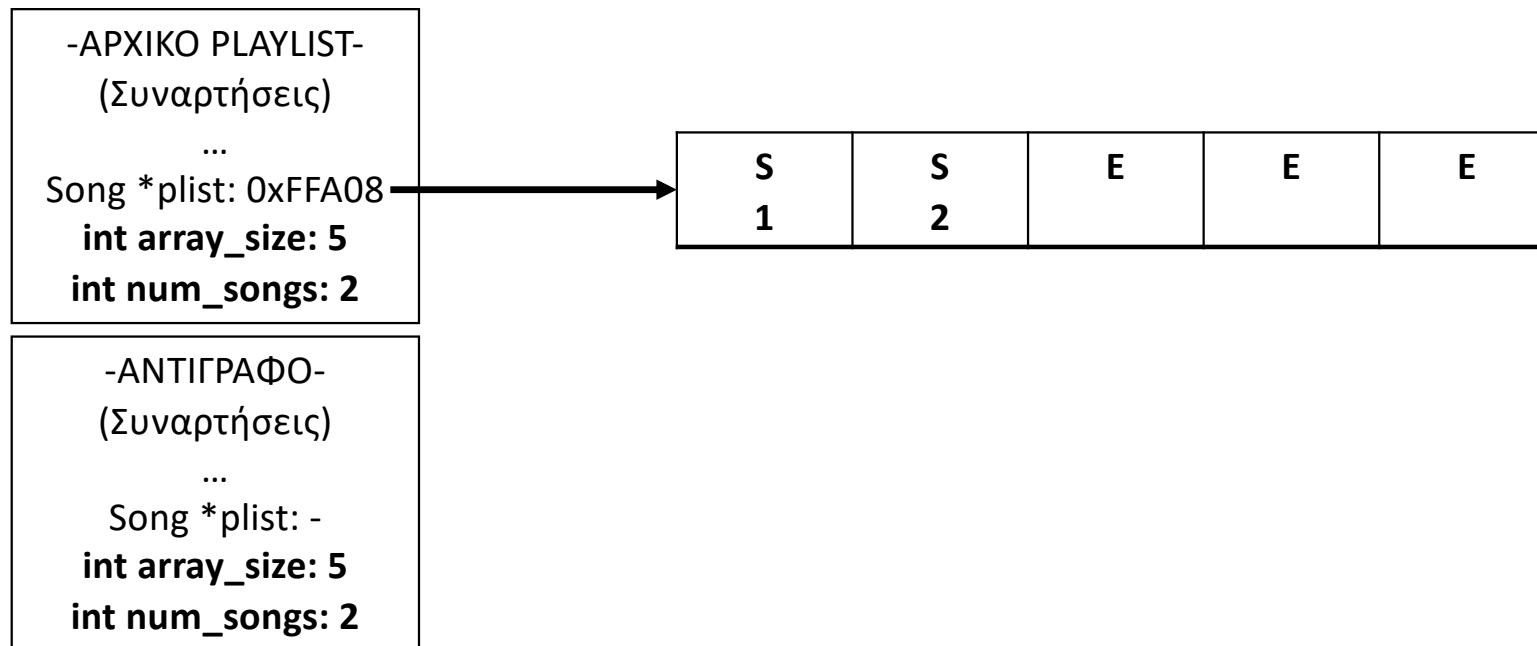
Λειτουργία της προκαθορισμένης ρηχής αντιγραφής

- Στον κατασκευαστή αντιγραφής το αρχικό αντικείμενο είναι η παράμετρος.
- Στο αντίγραφο ορίζονται τα μέλη δεδομένων να είναι ίδια με αυτά του αρχικού αντικειμένου.



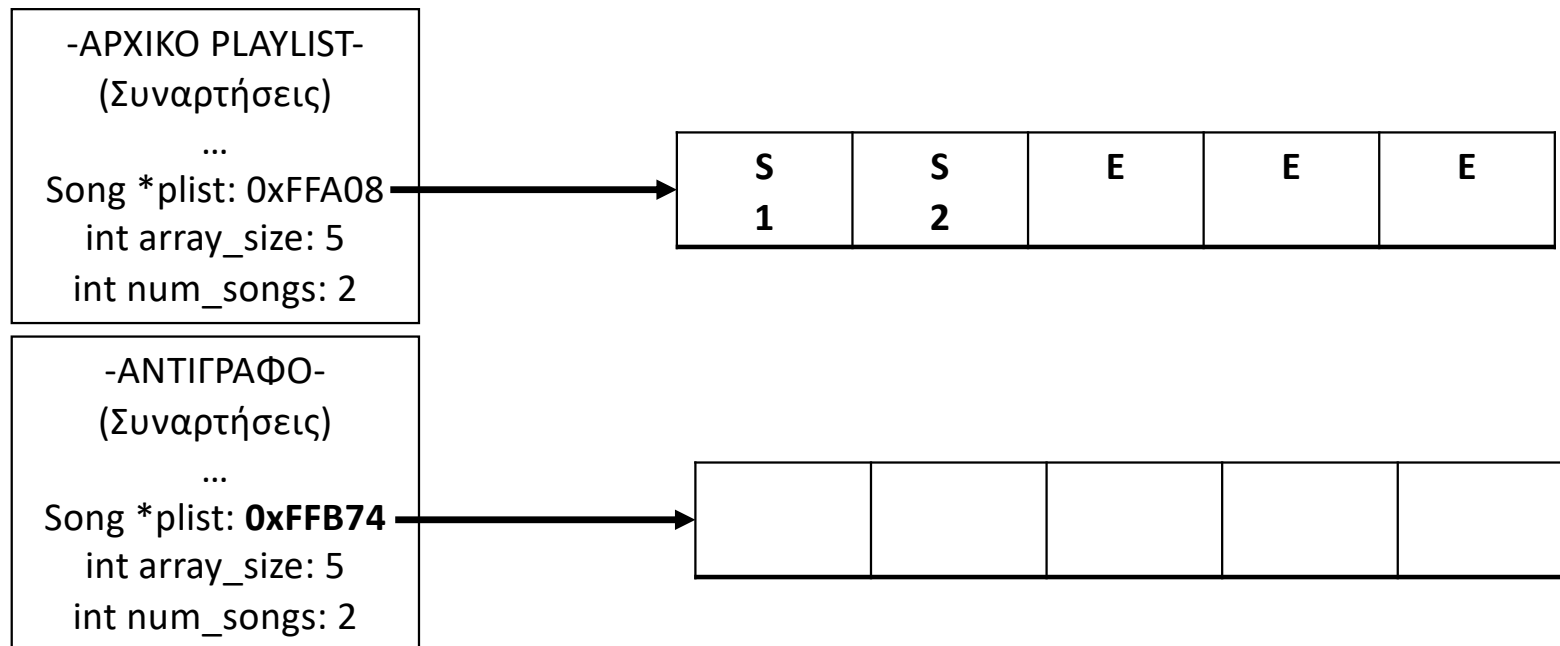
Βαθιά αντιγραφή (πρέπει να υλοποιηθεί ως κατασκευαστής αντιγραφής από το χρήστη)

- Ο κατασκευαστής αντιγραφής έχει το αρχικό αντικείμενο ως παράμετρο.
- Τα μέλη δεδομένα που δεν είναι δείκτες ορίζονται να έχουν ίσες τιμές με τα μέλη δεδομένων του αρχικού αντικειμένου



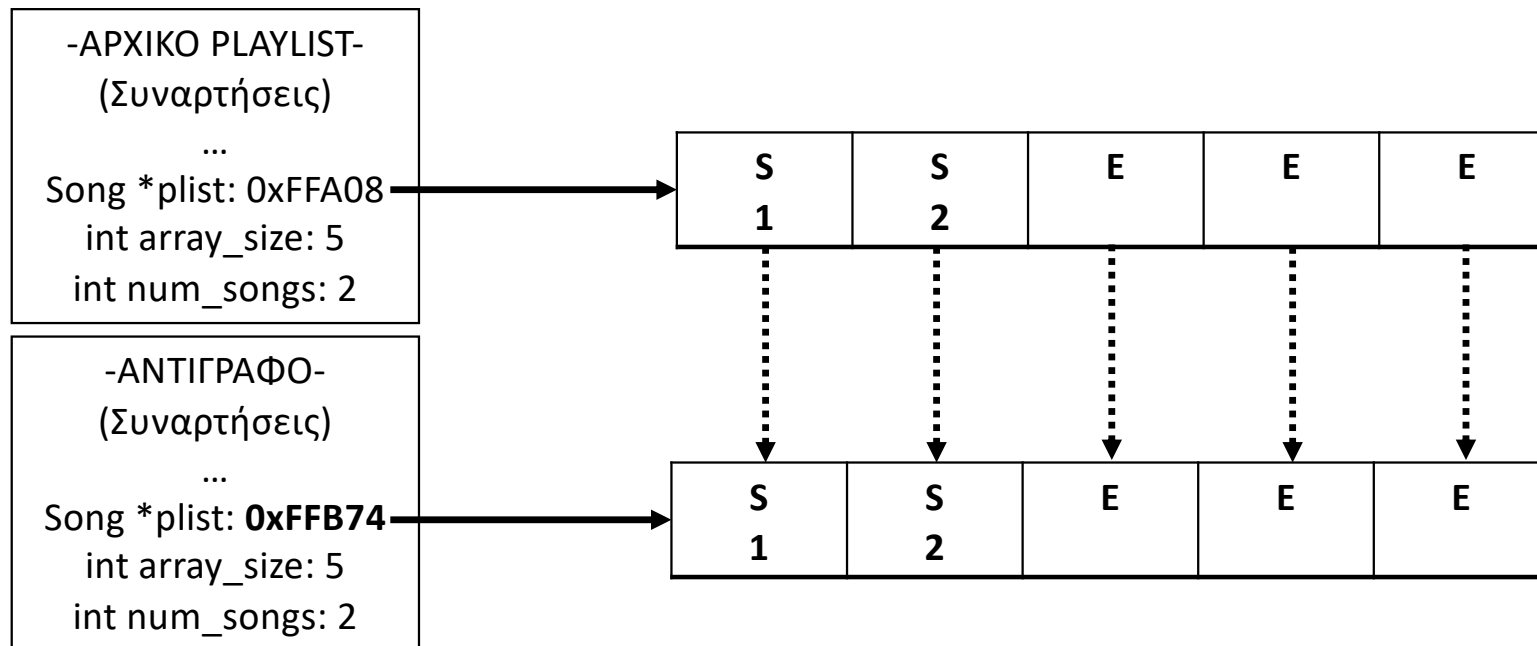
Βαθιά αντιγραφή (deep copy)

- Δεσμεύεται νέα μνήμη στην οποία θα δείχνει ο δείκτης του αντιγράφου.



Βαθιά αντιγραφή (deep copy)

- Αντιγράφονται τα δεδομένα από την παλιά δυναμική μνήμη στη νέα.



Τελεστής ανάθεσης (assignment operator)

- Ο τελεστής ανάθεσης (=) καλείται όταν ένα αντικείμενο εκχωρείται σε ένα άλλο.
- Μοιάζει με τον κατασκευαστή αντιγραφής αλλά υπάρχουν ορισμένες βασικές διαφορές:
 - Ο τελεστής ανάθεσης είναι μια κανονική συνάρτηση μέλος της κλάσης και όχι ένας κατασκευαστής, άρα αφορά δύο αντικείμενα που ήδη υπάρχουν και έχουν αρχικοποιηθεί.
 - Ο τελεστής ανάθεσης επιστρέφει την τιμή που του ανατίθεται (έτσι, επιτρέπονται και διαδοχικές (cascading) κλήσεις του τελεστή ανάθεσης)
`Fraction f1(1,2), f2, f3;`
`f3 = f2 = f1;` // τα αντικείμενα f2 και f3 λαμβάνουν την ίδια τιμή.

Τελεστής ανάθεσης

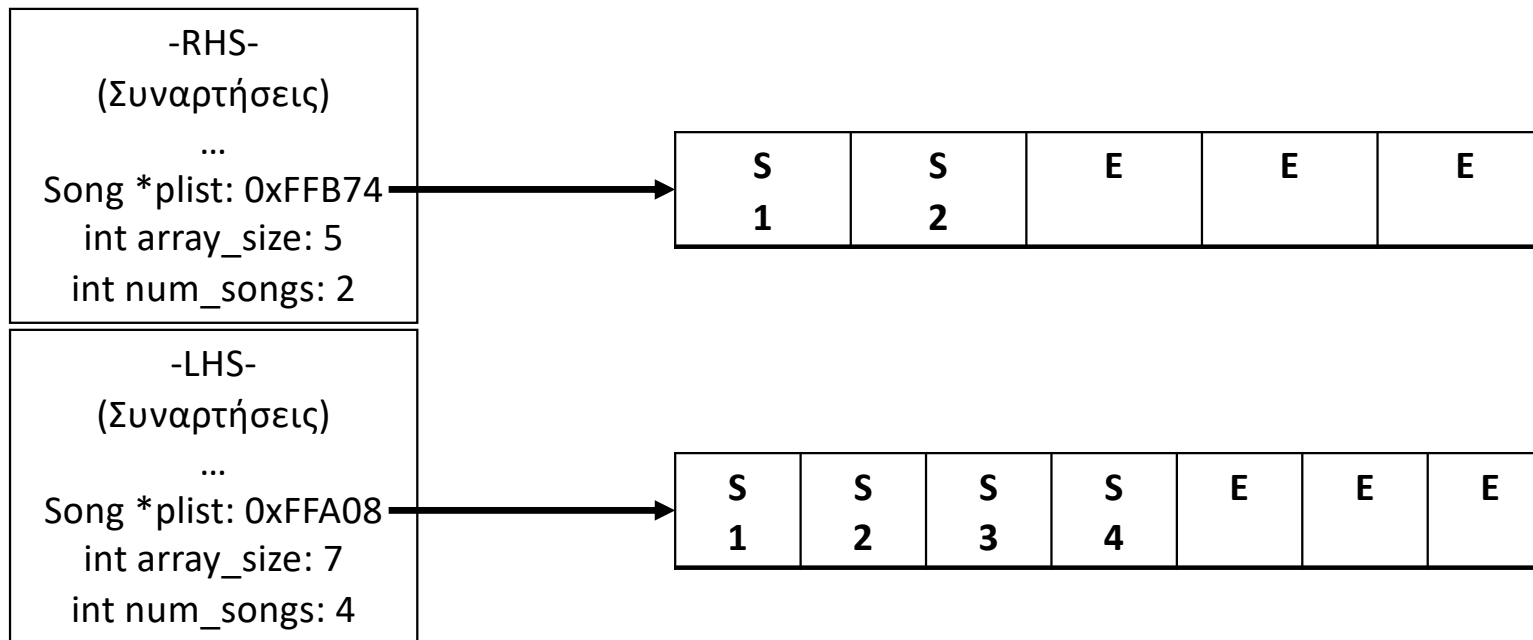
- Μορφή:
 - `classname& operator=(const classname&)`
- Παράδειγμα:
 - `Fraction lhs(1,2), rhs(2,5);`
`lhs = rhs;`
 - `lhs` είναι το καλών αντικείμενο, ενώ `rhs` είναι η παράμετρος, η συνάρτηση του τελεστή ανάθεσης αλλάζει το `lhs` έτσι ώστε να είναι ένα αντίγραφο του `rhs` και επιστρέφει μια αναφορά στο `lhs` μέσω του δείκτη `this`.

Ο δείκτης `this`

- Σε κάθε αντικείμενο υπάρχει ένας δείκτης που ονομάζεται `this`
- Είναι σαν να υπάρχει η ακόλουθη δήλωση στα μέλη δεδομένων του αντικειμένου:
 - `classname *this;`
- Ο δείκτης `this` δείχνει προς το ίδιο το αντικείμενο.
- Μπορούμε να καλούμε άλλες συναρτήσεις μέλη με την εντολή:
 - `this->memberFunction();`
- Χρησιμοποιώντας το δείκτη `this` επιστρέφουμε μια αναφορά προς το ίδιο το αντικείμενο στον τελεστή ανάθεσης.

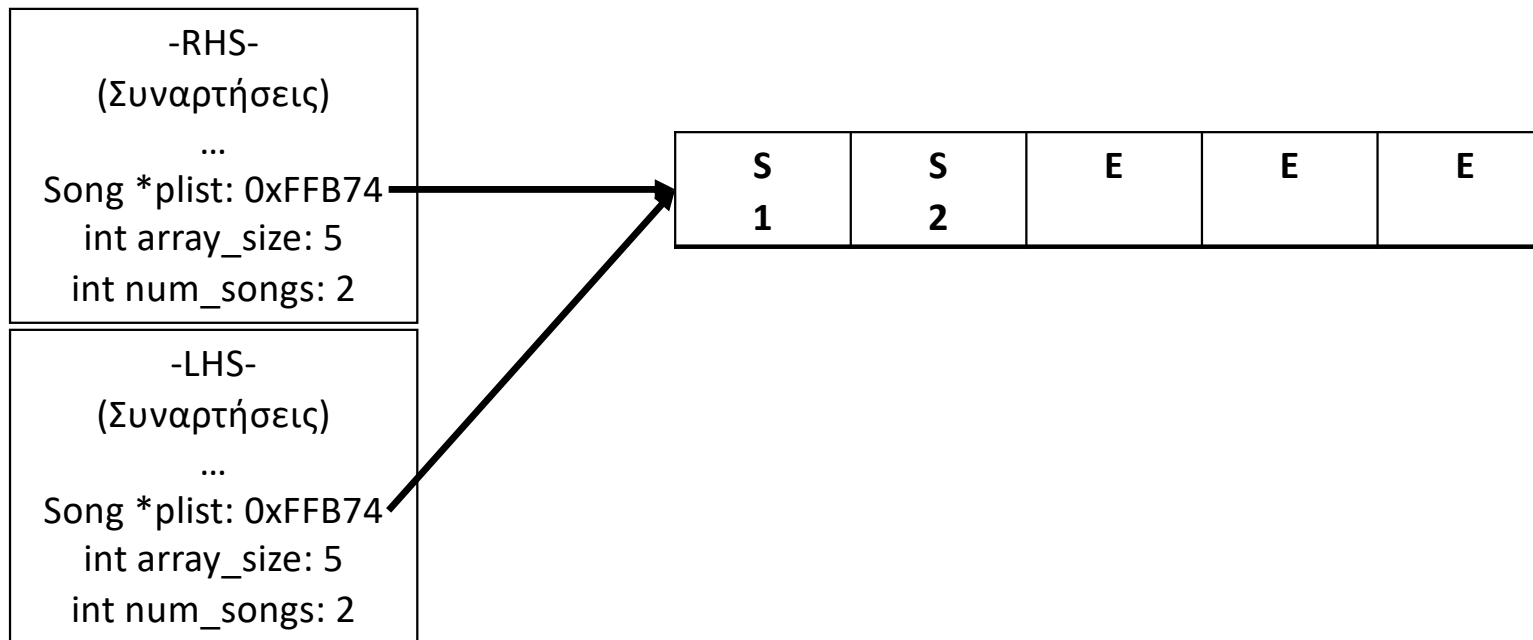
Ρηχή αντιγραφή με ανάθεση

- Έστω ότι αναθέτουμε το αντικείμενο playlist RHS στο LHS.
 - $LHS = RHS;$



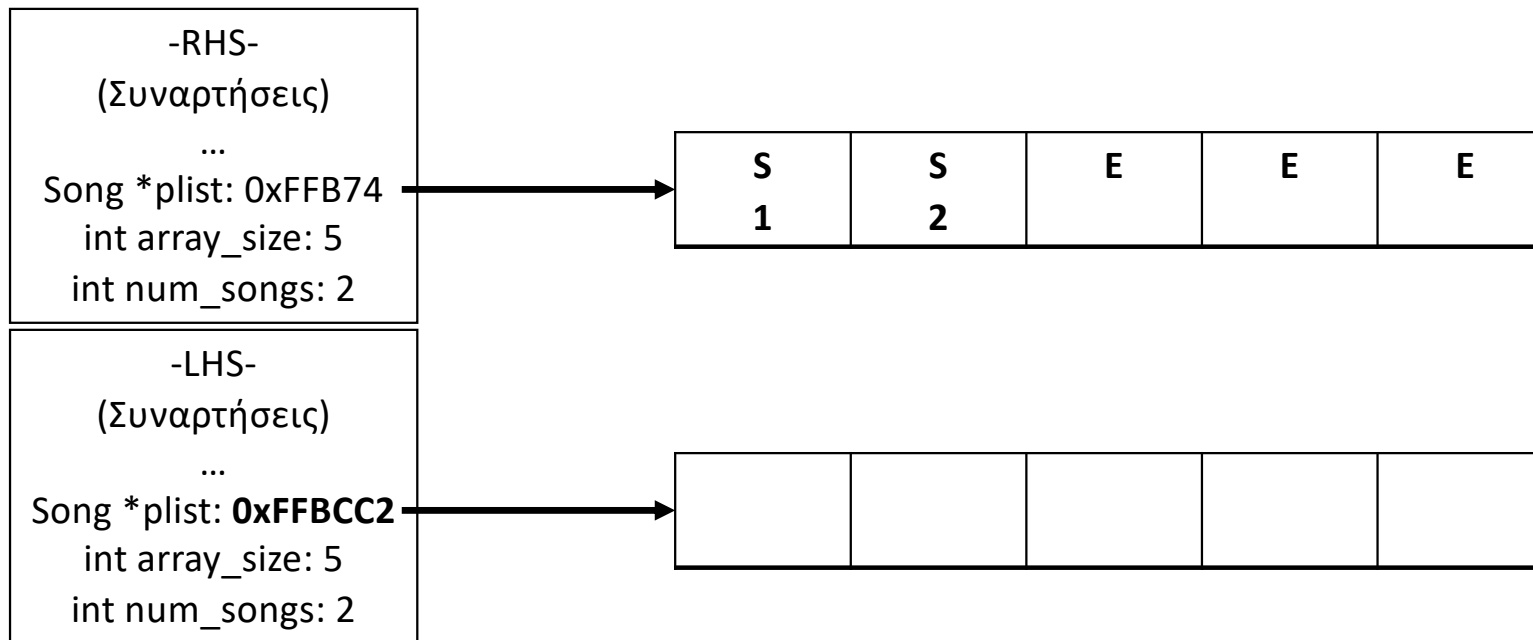
Ρηχή αντιγραφή με ανάθεση

- LHS = RHS;
- Ο τελεστής ανάθεσης **που αυτόματα δημιουργείται** από το μεταγλωττιστή πραγματοποιεί ρηχή αντιγραφή.



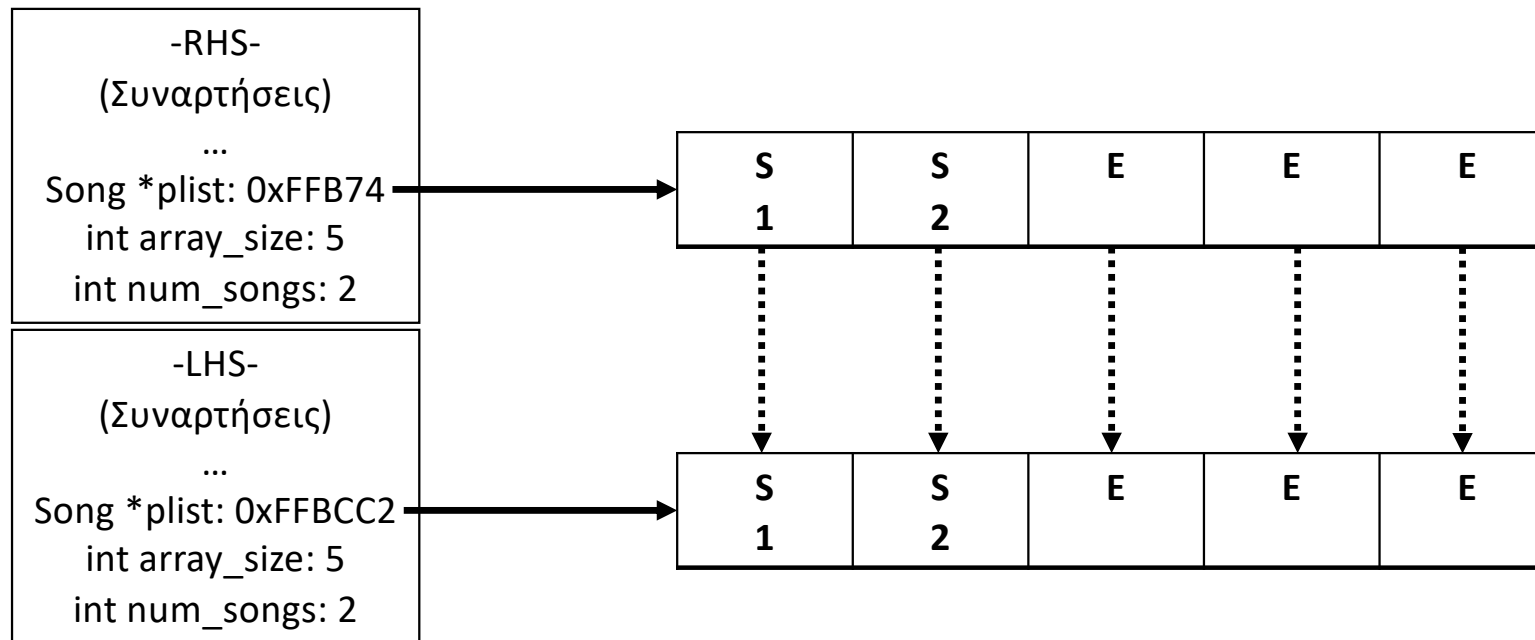
Βαθιά αντιγραφή με ανάθεση

- LHS = RHS;
- Καθώς ο πίνακας που έχει δεσμεύσει το LHS για `plist` δεν έχει το σωστό μέγεθος, θα πρέπει να αποδεσμευθεί η μνήμη του και να δεσμευθεί μνήμη κατάλληλου μεγέθους.



Βαθιά αντιγραφή με ανάθεση

- LHS = RHS;
- Στη συνέχεια θα πρέπει να αντιγραφούν τα στοιχεία του `plist` του RHS στο LHS, και επιπλέον να αντιγραφούν τα υπόλοιπα μέλη δεδομένων.



Κατασκευαστής αντιγραφής και αντιγραφή ανάθεσης

- Αν οριστεί κατασκευαστής αντιγραφής, και δεν οριστεί κάποιος άλλος κατασκευαστής, ο μεταγλωττιστής **δεν θα δημιουργήσει** προκαθορισμένο κατασκευαστή.
- Ο τελεστής ανάθεσης θα πρέπει να είναι συνάρτηση μέλος και όχι friend συνάρτηση.
- Ο τελεστής ανάθεσης ονομάζεται αλλιώς και τελεστής αντιγραφής και υλοποιεί την αντιγραφή ανάθεσης (copy assignment).
- Ο τελεστής ανάθεσης πάντα έχει ως τελευταία εντολή:
`return *this;`

Κώδικας song και playlist για shallow copy και deep copy

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variou/COP3330/lect12/playlist_shallow_copy.cpp

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variou/COP3330/lect12/playlist_deep_copy.cpp

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/variou/COP3330/lect12/playlist_deleted.cpp

Άσκηση #1: Διάφοροι κατασκευαστές και τελεστής ανάθεσης

- Ορίστε μια κλάση Distance που να αναπαριστά απόσταση σε μέτρα έχοντας ένα ιδιωτικό μέλος με όνομα meters. Η κλάση να διαθέτει:
 - **Κατασκευαστή χωρίς παραμέτρους (default constructor)**, ο οποίος αρχικοποιεί την απόσταση σε 0 μέτρα και εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα.
 - **Κατασκευαστή αρχικοποίησης** που δέχεται ως όρισμα την απόσταση σε μέτρα.
 - **Κατασκευαστές μετατροπής**, ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί αντικείμενο Distance είτε από έναν ακέραιο αριθμό που υποδηλώνει μέτρα (π.χ. Distance d = 400; θα σημαίνει 400 μέτρα) είτε από έναν αριθμό κινητής υποδιαστολής που εκφράζει χιλιόμετρα (π.χ. Distance d = 3.5; θα σημαίνει 3500 μέτρα)
 - **Κατασκευαστή αντιγραφής (copy constructor)** για τη δημιουργία νέου αντικειμένου ως αντίγραφο άλλου αντικειμένου Distance.
 - **Τελεστή ανάθεσης αντιγραφής (operator=)** για την αντιγραφή της τιμής ενός αντικειμένου σε ένα ήδη υπάρχον άλλο αντικείμενο.
 - Υπερφόρτωση του τελεστή << για την εμφάνιση αντικειμένων Distance.
- Για τον ακόλουθο κώδικα σημειώστε ποιος κατασκευαστής ή ποιος τελεστής ανάθεσης καλείται σε κάθε περίπτωση και τι πρόκειται να εκτυπωθεί.

```
int main() {  
    Distance d1;  
    Distance d2 = 300;  
    Distance d3(250);  
    Distance d4 = d2;  
    Distance d5 = 0.5;  
    d1 = d3;  
    d1.print();  
    d2.print();  
    d3.print();  
    d4.print();  
    d5.print();  
    return 0;  
}
```

Άσκηση #1: Λύση



```
class Distance {  
    double meters;  
  
public:  
    Distance() : meters(0) {} // 1  
  
    Distance(int m) : meters(m) {} // 2  
  
    Distance(double km) : meters(km * 1000.0) {} // 3  
  
    Distance(const Distance& other) : meters(other.meters) {} // 4  
  
    // 5  
    Distance& operator=(const Distance& other) {  
        meters = other.meters;  
        return *this;  
    }  
  
    void print() const { cout << meters << " meters\n"; }  
};
```



```
int main() {  
    Distance d1;           // 1  
    Distance d2 = 300;     // 2  
    Distance d3(250);      // 2  
    Distance d4 = d2;       // 4  
    Distance d5 = 0.5;      // 3  
    d1 = d3;                // 5  
    d1.print(); // 250 meters  
    d2.print(); // 300 meters  
    d3.print(); // 250 meters  
    d4.print(); // 300 meters  
    d5.print(); // 500 meters  
    return 0;  
}
```

Άσκηση #2: Ρηχή και βαθιά αντιγραφή

- Να υλοποιηθούν δύο κλάσεις: η κλάση Book, η οποία περιέχει το δημόσιο μέλος string title, και η κλάση Library, η οποία αποθηκεύει έναν vector<Book*> με δείκτες σε βιβλία.
- Η Library να διαθέτει:
 - κατασκευαστή αντιγραφής (με ρηχή αντιγραφή),
 - μέθοδο προσθήκης ενός βιβλίου add_book(Book*)
 - μια μέθοδο print() που εμφανίζει τα στοιχεία των βιβλίων.
- Στη main() να δημιουργηθούν δύο βιβλία, ένα αντικείμενο Library και να προστεθούν σε αυτό τα βιβλία.
- Να δημιουργηθεί ένα επιπλέον αντικείμενο Library, ως αντίγραφο του πρώτου αντικειμένου Library χρησιμοποιώντας τον κατασκευαστή αντιγραφής
- Αλλάξτε τον τίτλο ενός βιβλίου και εκτυπώστε τα περιεχόμενα των δύο αντικειμένων Library. Τι παρατηρείτε;
- Μετατρέψτε τον κατασκευαστή αντιγραφής έτσι ώστε να πραγματοποιεί βαθιά αντιγραφή
- Αλλάξτε τον τίτλο ενός βιβλίου και εκτυπώστε τα περιεχόμενα των δύο αντικειμένων Library. Τι παρατηρείτε;

Ερωτήσεις σύνοψης

- Ποιο είναι το πρωτότυπο του κατασκευαστή αντιγραφής (copy constructor);
- Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στη ρηχή αντιγραφή (shallow copy) και στη βαθιά αντιγραφή (deep copy); Ποια είναι η προκαθορισμένη;
- Πότε καλείται ο κατασκευαστής αντιγραφής για ένα αντικείμενο;
- Γιατί η παράμετρος στον κατασκευαστή αντιγραφής περνά με const αναφορά; Τι θα συνέβαινε αν περνούσε με τιμή;
- Ποιο είναι το πρωτότυπο για τον τελεστή ανάθεσης (assignment operator);
- Ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στον κατασκευαστή αντιγραφής και στην ανάθεση αντιγραφής;
- Τι θα πρέπει να επιστρέφει ο operator=;

Απαντήσεις στις ερωτήσεις σύνοψης

- Ποιο είναι το πρωτότυπο του κατασκευαστή αντιγραφής (copy constructor);
 - `ClassName(const ClassName& other);`
- Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στη ρηχή αντιγραφή (shallow copy) και στη βαθιά αντιγραφή (deep copy); Ποια είναι η προκαθορισμένη;
 - Στη ρηχή αντιγραφή αντιγράφονται οι τιμές των δεικτών και όχι τα δεδομένα που δείχνουν, ενώ στη βαθιά αντιγραφή δημιουργείται ένα αντίγραφο των δεδομένων που δείχνουν οι δείκτες. Προκαθορισμένη είναι η ρηχή αντιγραφή.
- Πότε καλείται ο κατασκευαστής αντιγραφής για ένα αντικείμενο;
 - Ο κατασκευαστής αντιγραφής καλείται όταν δημιουργείται ένα αντικείμενο ως αντίγραφο ενός άλλου αντικειμένου, όπως για παράδειγμα στο: `MyClass a; MyClass b = a;`
- Γιατί η παράμετρος στον κατασκευαστή αντιγραφής περνά με `const` αναφορά; Τι θα συνέβαινε αν περνούσε με τιμή;
 - Με `const &` απαγορεύεται μέσα στον κατασκευαστή να τροποποιηθεί η παράμετρος, η C++ επιβάλλει να περάσει αναφορά καθώς αλλιώς θα οδηγούμασταν σε άπειρο βρόχο (το πέρασμα με τιμή θα καλούσε ξανά τον κατασκευαστή αντιγραφής).
- Ποιο είναι το πρωτότυπο για τον τελεστή ανάθεσης (assignment operator);
 - `ClassName(const ClassName& other);`
- Ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στον κατασκευαστή αντιγραφής και στην ανάθεση αντιγραφής (copy assignment);
 - Ο κατασκευαστής αντιγραφής δημιουργεί ένα νέο αντικείμενο από το υπάρχον, ενώ η ανάθεση αντιγραφής αντικαθιστά το περιεχόμενο ενός ήδη υπάρχοντος αντικειμένου με το περιεχόμενο ενός άλλου
- Τι θα πρέπει να επιστρέφει ο `operator=`;
 - Θα πρέπει να επιστρέφει αναφορά στο ίδιο το αντικείμενο `*this` έτσι ώστε να υποστηρίζονται αναθέσεις στη σειρά όπως: `a = b = c;`

Αναφορές

- <http://www.cs.fsu.edu/~xyuan/cop3330/>