

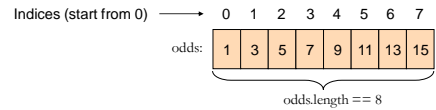
# תוכנה 1

תרגול 2: מערכים, מבני בקרה ושגיאות  
רובי בוים ומתי שמרת

## מערכים

■ **Array:** A fixed-length data structure for storing multiple values of the same type

■ **Example:** An array of odd numbers:



The type of all elements is int

The value of the element at index 4 is 9: odds[4] == 9

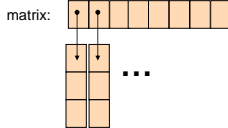
2

## Array Declaration

■ An array is denoted by the [] notation

■ Examples:

- `int[] odds;`
- `int odds[];` // legal but discouraged
- `String[] names;`
- `int[][] matrix;` // an array of arrays



3

## Array Creation and Initialization

■ What is the output of the following code:

```
int[] odds = new int[8];
for (int i = 0; i < odds.length; i++) {
    System.out.print(odds[i] + " ");
    odds[i] = 2 * i + 1;
    System.out.print(odds[i] + " ");
}
```

■ Output:

0 1 0 3 0 5 0 7 0 9 0 11 0 13 0 15

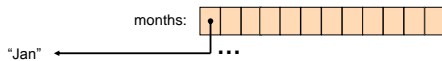
Array creation: all elements get the default value for their type (0 for int)

4

## Array Creation and Initialization

■ Creating and initializing small arrays with *a-priori* known values:

- `int[] odds = {1,3,5,7,9,11,13,15};`
- `String[] months = {"Jan", "Feb", "Mar", "Apr", "May", "Jun", "July", "Aug", "Sep", "Oct", "Nov", "Dec"};`



5

## Loop through Arrays

■ By promoting the array's index:

```
for (int i = 0; i < months.length; i++) {
    System.out.println(months[i]);
}
```

The variable month is assigned the next element in each iteration

■ foreach (since Java 5.0):

```
for (String month: months) {
    System.out.println(month);
}
```

6

## Operations on arrays

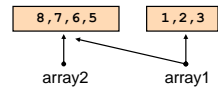
- The class `Arrays` provide operations on array
  - Copy
  - Sort
  - Search
  - Fill
  - ...
- [java.util.Arrays](http://java.sun.com/javase/6/docs/api/java/util/Arrays.html)  
<http://java.sun.com/javase/6/docs/api/java/util/Arrays.html>

7

## Copying Arrays

- Assume:  
`int[] array1 = {1,2,3};`  
`int[] array2 = {8,7,6,5};`

- Naïve copy:  
`array1 = array2;`



- What's wrong with this solution?

8

## Copying Arrays

- `Arrays.copyOf`
    - the original array
    - the length of the copy
- ```
int[] arr1 = {1, 2, 3};
int[] arr2 = Arrays.copyOf(arr1, arr1.length);
```
- `Arrays.copyOfRange`
    - the original array
    - initial index of the range to be copied, inclusive
    - final index of the range to be copied, exclusive

9

- What is the output of the following code:

```
int[] odds = {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15};
int newOdds[] =
    Arrays.copyOfRange(odds, 1, odds.length);
for (int odd: newOdds) {
    System.out.print(odd + " ");
}
```

Output: 3 5 7 9 11 13 15

10

## Other Manipulations on Arrays

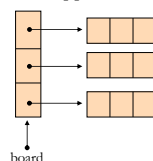
- The [java.util.Arrays](http://java.sun.com/javase/6/docs/api/java/util/Arrays.html) class has methods for sorting and searching, assigning arrays e.g.
  - public static void `sort(int[] a)`
  - public static int `binarySearch(int[] a, int key)`
  - public static void `fill(long[] a, long val)`
- More details in JDK 6.0 documentation  
<http://java.sun.com/javase/6/docs/api/java/util/Arrays.html>

11

## 2D Arrays

- There are no 2D arrays in Java but ...
- you can build array of arrays:

```
char[][] board = new char[3][];
for (int i = 0; i < 3; i++)
    board[i] = new char[3];
```



Or equivalently:  
`char[][] board = new char[3][3];`

12

## 2D Arrays

- Building a multiplication table:

```
int[][] table = new int[10][10];
for (int i = 0 ; i < 10 ; i++) {
    for (int j = 0 ; j < 10 ; j++) {
        table[i][j] = (i+1) * (j+1);
    }
}
```

13

## Fibonacci

- Fibonacci series

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34

- Definition:

- fib(0) = 1
- fib(1) = 1
- fib(n) = fib(n-1) + fib(n-2)



en.wikipedia.org/wiki/Fibonacci\_number

## If-Else Statement

```
public class Fibonacci {
    ...
    /** Returns the n-th Fibonacci element */
    public static int computeElement(int n) {
        if (n==0)
            return 1;
        else if (n==1)
            return 1;
        else
            return computeElement(n-1) + computeElement(n-2);
    }
}
```

Assumption:  
n ≥ 0

Can be  
removed

15

## Switch Statement

```
public class Fibonacci {
    ...
    /** Returns the n-th Fibonacci element */
    public static int computeElement(int n) {
        switch(n) {
            case 0:
                return 1;
            case 1:
                return 1;
            default:
                return computeElement(n-1) + computeElement(n-2);
        }
    }
}
```

Assumption:  
n ≥ 0

can be placed  
outside the switch

16

## Switch Statement

```
public class Fibonacci {
    ...
    /** Returns the n-th Fibonacci element */
    public static int computeElement(int n) {
        switch(n) {
            case 0:
                return 1;
            case 1:
                return 1;
            break;
            default:
                return computeElement(n-1) + computeElement(n-2);
        }
    }
}
```

Assumption:  
n ≥ 0

Compilation Error:  
Unreachable Code

17

## Iterative Fibonacci

- A loop instead of a recursion

```
static int computeElement(int n) {
    if (n == 0 || n == 1)
        return 1;

    int prev = 1;
    int prevPrev = 1;
    int curr;

    for (int i = 2 ; i < n ; i++) {
        curr = prev + prevPrev;
        prevPrev = prev;
        prev = curr;
    }

    curr = prev + prevPrev;
    return curr;
}
```

Assumption:  
n ≥ 0

18

## נתונים במקום חישוב

- בתרגום רקורסיה ללולאה אנו משתמשים במשתני עזר לשמירת המצב `prevPrev` ו-`curr`, `prev` הלולאה "זוכרת" את הנקודה שבה אנו נמצאים בתהליך החישוב
- דיון: יעילות לעומת פשטות.
- עיקרון ה-**KISS** (keep it simple stupid)
- תרגיל: כתבו את השירות `computeElement` בעזרת `prevPrev` ו-`prev` בלבד (לא `curr`)

19

## For Loop

- Printing the first n elements:

```
public class Fibonacci {
    public static int computeElement(int n) {
        ...
    }

    public static void main(String[] args) {
        for(int i = 0; i < 10; i++)
            System.out.println(computeElement(i));
    }
}
```

It is better to use args[0]

20

## מודולריות, שכפול קוד ויעילות

- יש כאן חוסר יעילות מסוים:
  - לולאת ה-`for` חוזרת גם ב-`main` וגם ב-`computeElement`. לכאורה, במעבר אחד ניתן גם לחשב את האברים וגם להדפיס אותם
  - כמו כן כדי לחשב איבר בסדרה איננו משתמשים בתוצאות שכבר חישבנו (של אברים קודמים) ומתחילים כל חישוב מתחילתו

21

## מודולריות, שכפול קוד ויעילות

- מתודה (פונקציה) צריכה לעשות דבר אחד בדיוק!
  - ערוב של חישוב והדפסה פוגע במודולריות (מדוע?)
  - היזהרו משכפול קוד!
  - קטע קוד דומה המופיע בשתי פונקציות שונות יגרם במוקדם או במאוחר לבאג בתוכנית (מדוע?)
  - את בעיית היעילות (הוספת מנגנון `memoization`) אפשר לפתור בעזרת מערכים (תרגיל)

22

## for vs. while

- The following two statements are almost equivalent:

```
for(int i = 0 ; i < n ; i++)
    System.out.println(computeElement(i));
```

Variable i is not defined outside the for block

```
int i=0;
while (i < n) {
    System.out.println(computeElement(i));
    i++;
}
```

23

## while vs. do while

- The following two statements are equivalent if and only if  $n > 0$  :

```
int i=0;
while (i < n) {
    System.out.println(computeElement(i));
    i++;
}
```

```
int i=0;
do {
    System.out.println(computeElement(i));
    i++;
} while (i < n);
```

works since  $n \geq 1$

24

