

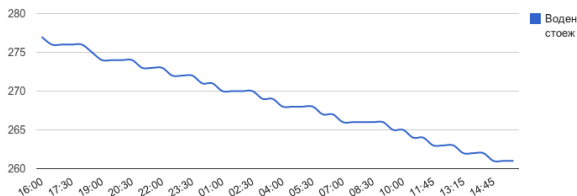
# Рекурсивни програми

13 декември 2018 г.

Редици, индуктивни дефиниции, индукция, рекурсия

# Какво е редица от числа?

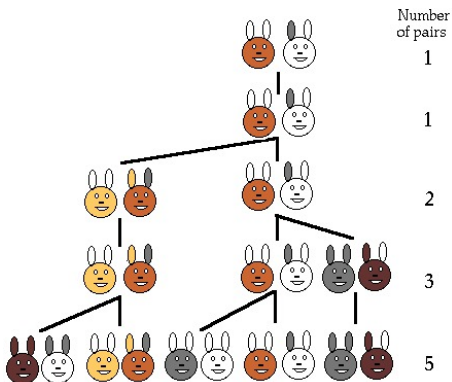
- Серия от измервания



Фигура: Нивото на река Дунав в см.

|  $a_0 = 280\text{cm}$  |  $a_1 = 275\text{cm}$  |  $a_2 = 271\text{cm}$  |  $a_3 = 272\text{cm}$  | ...

# Описание на феномен?



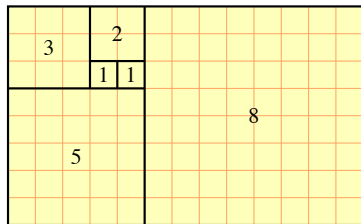
Leonardo Fibonacci  
(c. 1170 – c. 1250)

$$a_0 = 1$$

$$a_1 = 1$$

$$a_{i+2} = a_{i+1} + a_i$$

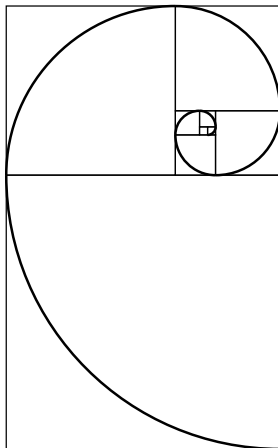
# Изчисление?



$$a_0 = 1$$

$$a_1 = 1$$

$$a_{i+2} = a_{i+1} + a_i$$



# Явна vs. индуктивна дефиниция на елементите на редица

0, 2, 6, 12, 20, 30, ...

- явна дефиниция

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_i = 2 + 4 + \dots + 2i = \sum_{k=1, \dots, i} 2k$$

- индуктивна дефиниция

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_0 = 0$$

$$a_i = a_{i-1} + 2i$$

# Явна vs. индуктивна дефиниция на елементите на редица

0, 2, 6, 12, 20, 30, ...

- явна дефиниция

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_i = 2 + 4 + \dots + 2i = \sum_{k=1, \dots, i} 2k$$

- индуктивна дефиниция

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_0 = 0$$

$$a_i = a_{i-1} + 2i$$

# Явна vs. индуктивна дефиниция на елементите на редица

0, 2, 6, 12, 20, 30, ...

- явна дефиниция

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_i = 2 + 4 + \dots + 2i = \sum_{k=1, \dots, i} 2k$$

- индуктивна дефиниция

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_0 = 0$$

$$a_i = a_{i-1} + 2i$$



# От дефиниция до програма: наивен подход

```

void print_first_n (int n)
{
    for (int i = 0; i <= n; i++)
    {
        int sum = 0;
        for (int k = 1; k <= i; k++)
            //calculate 2+4+...+2*k
            {
                sum = sum + 2*k;
            }
        cout << "a[" << i << "]="
              << sum << endl;
    }
}

```

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_i = 2 + 4 + \dots + 2i = \sum_{k=1, \dots, i} 2k$$

$$a_0 = 0$$

$$a_1 = 0 + 2$$

$$a_2 = 0 + 2 + 4$$

$$a_3 = 0 + 2 + 4 + 6$$

...

# Използваме връзката между членовете на редицата

```
void print_first_n (int n)
{
    int a_i = 0;

    for (int i = 0; i <= n; i++)
    {
        cout << "a[" << i << "]= " << a_i << endl;

        a_i = a_i + 2*i;
    }
}
```

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_i = a_{i-1} + 2i$$

$$a_0 = 0$$

$$a_1 = 0 + 2 = 2$$

$$a_2 = 2 + 4 = 6$$

$$a_3 = 6 + 6 = 12$$

...

# Индуктивни дефиниции и рекурсивни функции

```
int a (int i)
{
    if (i == 0)
        return 0;

    return a(i-1) + 2*i;
}
```

$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_0 = 0$$

$$a_i = a_{i-1} + 2i$$

```
void print_first_n (int n)
{
    for (int i = 0; i <= n; i++)
    {
        cout << "a[" << i << "]=" << a(i) << endl;
    }
}
```

# Доказателство по индукция

**Теорема.** За членовете на редицата  $\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$ , дефинирани по следния начин:

$$a_0 = 0$$

$$a_i = a_{i-1} + 2i$$

е изпълнено, че  $a_i = i(i+1)$ , за всяко  $n \in \mathcal{N}$ .

## Доказателство.

- За  $i = 0$  свойството е изпълнено по дефиниция, тъй като  $a_0 = 0 = 0(0+1)$ .
- Нека свойството  $a_i = i(i+1)$  е изпълнено за някое  $i \in \mathcal{N}$ . Искаме да покажем, че  $a_{i+1} = (i+1)(i+1+1)$  (заместваме  $i$  с  $i+1$ ). По дефиниция имаме  $a_{i+1} = a_i + 2(i+1)$ . Като заместим  $a_i$  с  $i(i+1)$  (което сме допуснали), получваме  $a_{i+1} = i(i+1) + 2(i+1) = (i+1)(i+2)$ ,

# Прилики / разлики?

```
int a (int i)
{
    if (i == 0)
        return 0;

    return a(i-1) + 2*i;
}
```

Теорема. За членовете на редицата  $\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$ , дефинирани по следния начин:

$$a_i = a_{i-1} + 2i$$

е изпълнено, че  $a_i = i(i+1)$ , за всяко  $i \in \mathcal{N}$ .

Доказателство.

- За  $i = 0$  свойството е изпълнено по дефиниция, тъй като  $a_0 = 0 = 0(0+1)$ .
- Нека свойството е изпълнено за  $a_{i-1} = (i-1)i$  при  $i > 0$ . Искаме да покажем, че  $a_i = i(i+1)$  (замества  $i-1$  с  $i$ ). По дефиниция имаме  $a_i = a_{i-1} + 2i$ . Като заместим  $a_{i-1}$  с  $(i-1)i$  (което сме допуснали), получваме  $a_i = (i-1)i + 2i = i(i-1+2) = i(i+1)$ , което е търсенето свойство за  $a_i$ .

## n-то число на Фибоначи

```
int fib_n (int n)
{
    if (n == 0)
        return 1;
    if (n == 1)
        return 1;

    return fib_n(n-2) + fin_n(n-1);
}
```

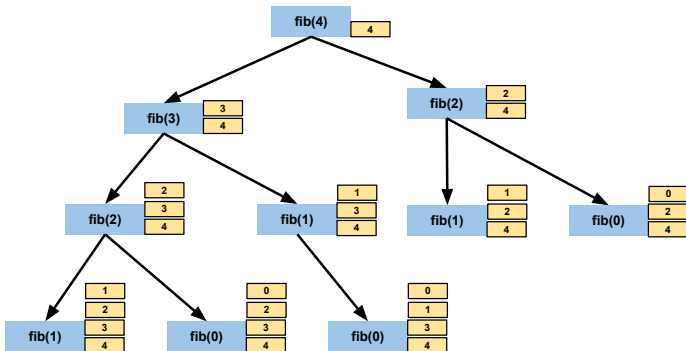
$$\{a_i\}_{i=0}^{\infty}$$

$$a_0 = 1$$

$$a_1 = 1$$

$$a_{i+2} = a_{i+1} + a_i$$

# n-то число на Фибоначи



```
int fib_n (int n)
{
    if (n <= 1)
        return 1;
    return fib_n(n-2) + fib_n(n-1);
}
```





# Факториел

```
long fact_rec (long n)
{
    if (n <= 1)
        return 1;

    return n*fact_rec(n-1);
}
```

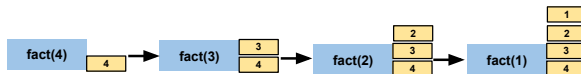
```
long fact_iter (long n)
{
    long result = 1;
    while (n > 1)
    {
        result *= n;
        n--;
    }
    return result;
}
```

$$n! = \begin{cases} 1 & \text{if } n \leq 1 \\ n \times (n-1)! & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$0! = 1$$

$$n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times 1$$

# Факториел

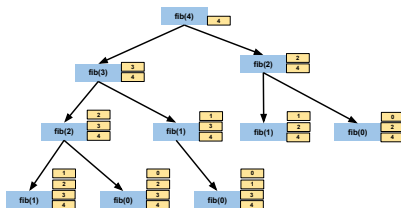


```

long fact_rec (long n)
{
    if (n <= 1)
        return 1;
    return n*fact_rec(n-1);
}

```

# Сравнение



```

void fib_n (int n)
{
    if (n <= 1)
        return 1;
    return fib_n(n-2) + fin_n(n-1);
}
  
```

```

long fact_rec (long n)
{
    if (n <= 1)
        return 1;
    return n*fact_rec(n-1);
}
  
```



Wirth.,N.,“Algorithms + Data Structures = Programs”, Prentice Hall,1976

# Разлагане на прости делители

$$252 = ?$$



# Разлагане на прости делители

$$252 = 2 \cdot \overset{126}{\boxed{\text{картинка}}}$$

# Разлагане на прости делители

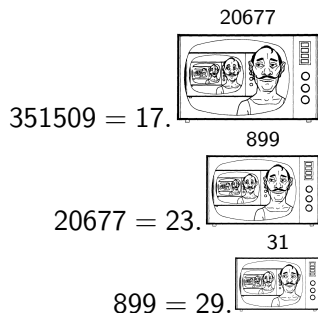
```

void print_divs (int n)
{
    if (n <= 1)
        return;

    int i = 2;
    while (i <= n && n % i != 0)
        i++;

    cout << i << ", ";
    print_divs(n/i);
}

```



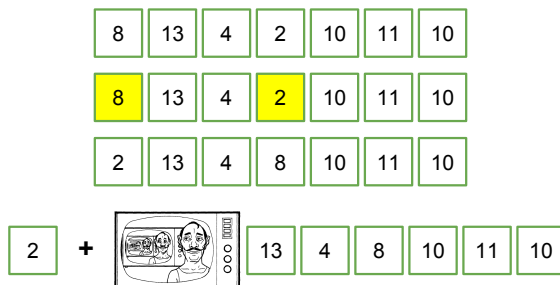




# Сортиране с рекурсия?



# Пряка селекция



# Сортиране с пряка селекция

```

void ssort (int arr[], int n)
{
    if (n <= 1)
        return;

    //find the INDEX OF the minimal
    //element of the array
    int minelIx = 0;
    for (int i = 1; i < n; i++)
        if (arr[mineIx] < arr[i])
            minelIx = i;

    //swap the minimal element and
    //the element at position 0
    int tmp = a[0];
    a[0] = arr[mineIx];
    arr[mineIx] = tmp;

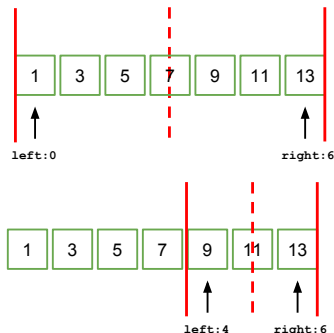
    //sort the "tail" of the array
    ssort (arr+1,n-1);
}

```



# Да припомним двоичното търсене

```
bool findrec (int x, int a[], int size)
{
    if (size == 0)
    {
        return false;
    }
    if (size == 1)
    {
        return a[0] == x;
    }
    if (a[size/2] > x)
    {
        return findrec (x,a,size/2);
    }
    if (a[size/2] < x)
    {
        return findrec (x,a+(int)ceil(size/2.0),ceil(size/2.0)-1);
    }
    return true;
}
```



# Бързо сортиране

#1

5	13	4	1	10	2	10
5	13	4	1	10	2	10
5	1	4	2	13	10	10

#2

2	1	4	5	13	10	10
---	---	---	---	----	----	----

#3



2	1	4
---	---	---



10	10	13
----	----	----

# Бързо сортиране

```

bool qsort (int a[], int size)
{
    if (size <= 1)
        return;

    //1
    int nsmaller
        = split (a+1,size-1,a[0]);

    //2
    swap (a[0],a[nsmaller]);

    //3
    qsort(a,nsmaller);
    qsort(a+nsmaller+1,size-nsmaller-1);
}

```

#1



#2



#3



Благодаря за вниманието!