

# Основни понятия в Scheme

Трифон Трифонов

Функционално програмиране, 2022/23 г.

4–11 октомври 2022 г.

Тази презентация е достъпна под лиценза Creative Commons Признание-Некомерсиално-Споделяне на споделеното 4.0 Международен 

# Що за език е Scheme?

- Създаден през 1975 г. от Guy L. Steele и Gerald Jay Sussman
- Диалект на LISP, създаден с учебна цел
- “Structure and Interpretation of Computer Programs”, Abelson & Sussman, MIT Press, 1985.
- Минималистичен синтаксис
- Най-разпространен стандарт: R<sup>5</sup>RS (1998)
- Най-нов стандарт: R<sup>7</sup>RS (2013)

# Програмиране на Scheme

- Среда за програмиране: DrRacket
- Има компилатори и интерпретатори
  - Ние ще ползваме интерпретатор
- REPL = Read-Eval-Print-Loop
- Програма = списък от дефиниции
- Изпълнение = оценка на израз

# Синтаксис в Scheme

- Литерали

# Синтаксис в Scheme

- Литерали
  - Булеви константи (`#f`, `#t`)

# Синтаксис в Scheme

- Литерали
  - Булеви константи (`#f`, `#t`)
  - Числови константи (`15`, `2/3`, `-1.532`)

# Синтаксис в Scheme

- Литерали
  - Булеви константи (`#f`, `#t`)
  - Числови константи (`15`, `2/3`, `-1.532`)
  - Знакови константи (`#\a`, `#\newline`)

# Синтаксис в Scheme

- Литерали

- Булеви константи (`#f`, `#t`)
- Числови константи (`15`, `2/3`, `-1.532`)
- Знакови константи (`#\a`, `#\newline`)
- Низови константи (`"Scheme"`, `"hi "`)



# Синтаксис в Scheme

- Литерали
  - Булеви константи (`#f`, `#t`)
  - Числови константи (`15`, `2/3`, `-1.532`)
  - Знакови константи (`#\a`, `#\newline`)
  - Низови константи (`"Scheme"`, `"hi "`)
- Символи (`f`, `square`, `+`, `find-min`)

# Синтаксис в Scheme

- Литерали
  - Булеви константи (`#f`, `#t`)
  - Числови константи (`15`, `2/3`, `-1.532`)
  - Знакови константи (`#\a`, `#\newline`)
  - Низови константи (`"Scheme"`, `"hi "`)
- Символи (`f`, `square`, `+`, `find-min`)
- Комбинации

$(\langle \text{израз}_1 \rangle \langle \text{израз}_2 \rangle \dots \langle \text{израз}_n \rangle)$

# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те

# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$

# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$
  - $\#t \longrightarrow \#t$

# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$
  - $\#t \longrightarrow \#t$
  - $\#\text{a} \longrightarrow \#\text{a}$

# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$
  - $\#t \longrightarrow \#t$
  - $\#\backslash a \longrightarrow \#\backslash a$
  - $\text{"scheme"} \longrightarrow \text{"scheme"}$

# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$
  - $\#t \longrightarrow \#t$
  - $\#\backslash a \longrightarrow \#\backslash a$
  - $\text{"scheme"} \longrightarrow \text{"scheme"}$
- Оценката на символ е стойността, свързана с него



# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$
  - $\#t \longrightarrow \#t$
  - $\#\backslash a \longrightarrow \#\backslash a$
  - $\text{"scheme"} \longrightarrow \text{"scheme"}$
- Оценката на символ е стойността, свързана с него
  - $+ \longrightarrow \#\text{<procedure:+>}$

# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$
  - $\#t \longrightarrow \#t$
  - $\#\backslash a \longrightarrow \#\backslash a$
  - $\text{"scheme"} \longrightarrow \text{"scheme"}$
- Оценката на символ е стойността, свързана с него
  - $+ \longrightarrow \#\text{<procedure:+>}$
  - $a \longrightarrow \text{Грешка!}$

# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$
  - $\#t \longrightarrow \#t$
  - $\#\backslash a \longrightarrow \#\backslash a$
  - $\text{"scheme"} \longrightarrow \text{"scheme"}$
- Оценката на символ е стойността, свързана с него
  - $+ \longrightarrow \#\text{<procedure:+>}$
  - $a \longrightarrow \text{Грешка!}$
  - $(\text{define } a \ 5)$

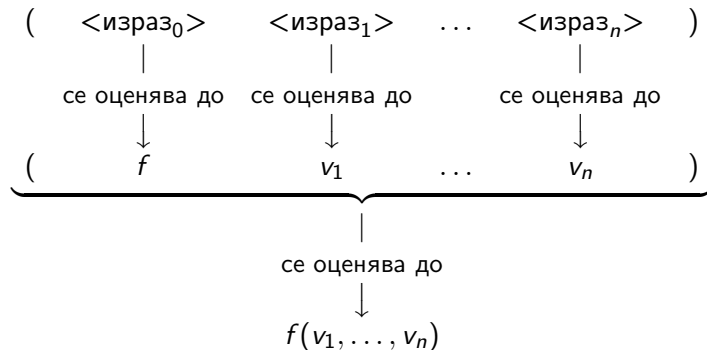
# Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

- Оценката на булевите константи, знаците, числата и низовете са самите те
  - $5 \longrightarrow 5$
  - $\#t \longrightarrow \#t$
  - $\#\backslash a \longrightarrow \#\backslash a$
  - $\text{"scheme"} \longrightarrow \text{"scheme"}$
- Оценката на символ е стойността, свързана с него
  - $+ \longrightarrow \#\text{<procedure:+>}$
  - $a \longrightarrow \text{Грешка!}$
  - $(\text{define } a \ 5)$
  - $a \longrightarrow 5$

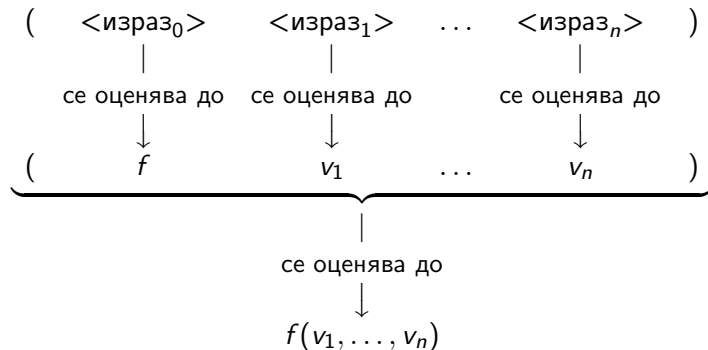
# Основно правило за оценяване

Оценка на комбинация (основно правило за оценяване)



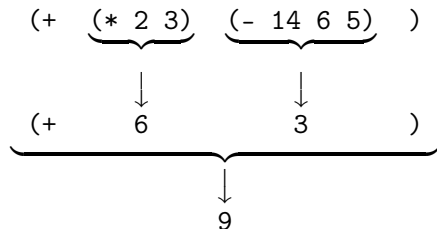
# Основно правило за оценяване

Оценка на комбинация (основно правило за оценяване)

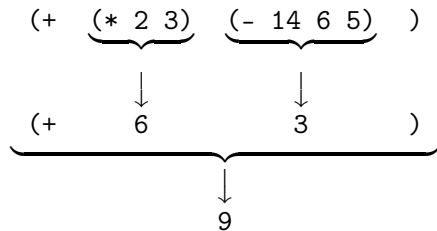


Ако  $f$  не е функция — **грешка!**

# Пример за оценяване на комбинации



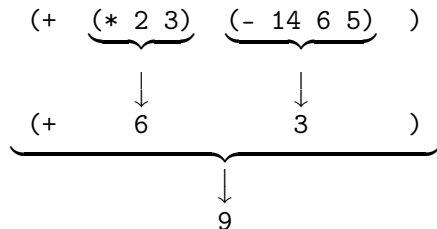
# Пример за оценяване на комбинации



$(1\ 2\ 3) \longrightarrow ?$



# Пример за оценяване на комбинации



(1 2 3) → Грешка!

# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`

## Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.

## Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:

# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
  - `(define s "Scheme is cool")`

# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
  - `(define s "Scheme is cool")`
  - `s`  $\longrightarrow$  `"Scheme is cool"`

# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
  - `(define s "Scheme is cool")`
  - $s \rightarrow \text{"Scheme is cool"}$
  - `(define x 2.5)`

# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
  - `(define s "Scheme is cool")`
  - $s \longrightarrow \text{"Scheme is cool"}$
  - `(define x 2.5)`
  - $x \longrightarrow 2.5$



# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
  - `(define s "Scheme is cool")`
  - $s \longrightarrow \text{"Scheme is cool"}$
  - `(define x 2.5)`
  - $x \longrightarrow 2.5$
  - $(+ x 3.2) \longrightarrow 5.7$

# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
  - `(define s "Scheme is cool")`
  - $s \longrightarrow \text{"Scheme is cool"}$
  - `(define x 2.5)`
  - $x \longrightarrow 2.5$
  - `(+ x 3.2) \longrightarrow 5.7`
  - `(define y (+ x 3.2))`

# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
  - `(define s "Scheme is cool")`
  - $s \rightarrow \text{"Scheme is cool"}$
  - `(define x 2.5)`
  - $x \rightarrow 2.5$
  - `(+ x 3.2) \rightarrow 5.7`
  - `(define y (+ x 3.2))`
  - `(> y 3) \rightarrow #t`

# Дефиниция на символи

- `(define <символ> <израз>)`
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
  - `(define s "Scheme is cool")`
  - `s`  $\longrightarrow$  "Scheme is cool"
  - `(define x 2.5)`
  - `x`  $\longrightarrow$  2.5
  - `(+ x 3.2)`  $\longrightarrow$  5.7
  - `(define y (+ x 3.2))`
  - `(> y 3)`  $\longrightarrow$  #t
  - `(define z (+ y z))`  $\longrightarrow$  Грешка!

# Специални форми

- По основното правило ли се оценява (`define` x 2.5)?

# Специални форми

- По основното правило ли се оценява (`define` x 2.5)?
- He!

# Специални форми

- По основното правило ли се оценява (`define` x 2.5)?
- **He!**
- В синтаксиса на Scheme има конструкции, които са изключение от стандартното правило

# Специални форми

- По основното правило ли се оценява (`define` x 2.5)?
- **He!**
- В синтаксиса на Scheme има конструкции, които са изключение от стандартното правило
- Такива конструкции се наричат **специални форми**



# Специални форми

- По основното правило ли се оценява (`define` x 2.5)?
- **He!**
- В синтаксиса на Scheme има конструкции, които са изключение от стандартното правило
- Такива конструкции се наричат **специални форми**
- `define` е пример за специална форма

# Цитиране

- `(quote <израз>)`

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:
  - `'2`  $\rightarrow$  2

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:
  - `'2`  $\longrightarrow$  2
  - `'+`  $\longrightarrow$  +

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:
  - `'2`  $\longrightarrow$  2
  - `'+`  $\longrightarrow$  +
  - `'(+ 2 3)`  $\longrightarrow$  (+ 2 3)



# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:
  - `'2`  $\longrightarrow$  `2`
  - `'+`  $\longrightarrow$  `+`
  - `'(+ 2 3)`  $\longrightarrow$  `(+ 2 3)`
  - `(quote quote)`  $\longrightarrow$  `quote`

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:
  - `'2`  $\longrightarrow$  `2`
  - `'+`  $\longrightarrow$  `+`
  - `'(+ 2 3)`  $\longrightarrow$  `(+ 2 3)`
  - `(quote quote)`  $\longrightarrow$  `quote`
  - `('+ 2 3)`  $\longrightarrow$  **Грешка!**

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:
  - `'2`  $\longrightarrow$  `2`
  - `'+`  $\longrightarrow$  `+`
  - `'(+ 2 3)`  $\longrightarrow$  `(+ 2 3)`
  - `(quote quote)`  $\longrightarrow$  `quote`
  - `('+ 2 3)`  $\longrightarrow$  Грешка!
  - `(/ 2 0)`  $\longrightarrow$  Грешка!

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:
  - `'2`  $\longrightarrow$  2
  - `'+`  $\longrightarrow$  +
  - `'(+ 2 3)`  $\longrightarrow$  (+ 2 3)
  - `(quote quote)`  $\longrightarrow$  quote
  - `('+ 2 3)`  $\longrightarrow$  Грешка!
  - `(/ 2 0)`  $\longrightarrow$  Грешка!
  - `'(/ 2 0)`  $\longrightarrow$  (/ 2 0)

# Цитиране

- `(quote <израз>)`
- Алтернативен запис: `'<израз>`
- Оценката на `(quote <израз>)` или `'<израз>` е самият `<израз>`
- Примери:
  - `'2`  $\longrightarrow$  2
  - `'+`  $\longrightarrow$  +
  - `'(+ 2 3)`  $\longrightarrow$  (+ 2 3)
  - `(quote quote)`  $\longrightarrow$  quote
  - `('+ 2 3)`  $\longrightarrow$  Грешка!
  - `(/ 2 0)`  $\longrightarrow$  Грешка!
  - `'(/ 2 0)`  $\longrightarrow$  (/ 2 0)
  - `'(+ 1 '(* 3 4))`  $\longrightarrow$  (+ 1 (quote (\* 3 4)))

# Дефиниция на функции

- `(define (<функция> {<параметър>}) <тяло>)`

# Дефиниция на функции

- `(define (<функция> {<параметър>}) <тяло>)`
- <функция> и <параметър> са символи

# Дефиниция на функции

- `(define (<функция> {<параметър>}) <тяло>)`
- <функция> и <параметър> са символи
- <тяло> е <израз>



# Дефиниция на функции

- `(define (<функция> {<параметър>}) <тяло>)`
- <функция> и <параметър> са символи
- <тяло> е <израз>
- Символът <функция> се свързва с поредица от инструкции, които пресмятат <тяло> при подадени стойности на <параметър>

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5)  $\longrightarrow$  25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3)))  $\longrightarrow$  100`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`
- `(f 2 4) → ?`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`
- `(f 2 4) → 30`



# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`
- `(f 2 4) → 30`
- `(define (g x) (- (g (+ x 1)) 1))`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`
- `(f 2 4) → 30`
- `(define (g x) (- (g (+ x 1)) 1))`
- `(g 0) → ?`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`
- `(f 2 4) → 30`
- `(define (g x) (- (g (+ x 1)) 1))`
- `(g 0) → ...`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`
- `(f 2 4) → 30`
- `(define (g x) (- (g (+ x 1)) 1))`
- `(g 0) → ...`
- `(define (h) (+ 2 3))`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`
- `(f 2 4) → 30`
- `(define (g x) (- (g (+ x 1)) 1))`
- `(g 0) → ...`
- `(define (h) (+ 2 3))`
- `h → #<procedure:h>`

# Примери за дефиниция на функции

- `(define (square x) (* x x))`
- `(square 5) → 25`
- `(define (1+ k) (+ k 1))`
- `(square (1+ (square 3))) → 100`
- `(define (f x y) (+ (square (1+ x)) (square y) 5))`
- `(f 2 4) → 30`
- `(define (g x) (- (g (+ x 1)) 1))`
- `(g 0) → ...`
- `(define (h) (+ 2 3))`
- `h → #<procedure:h>`
- `(h) → 5`

# Оценяване на комбинации с дефинирани функции

`(f 2 4)`

# Оценяване на комбинации с дефинирани функции

$$\begin{array}{c} (f\ 2\ 4) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ (1+ 2))\ (\text{square}\ 4)\ 5) \end{array}$$



# Оценяване на комбинации с дефинирани функции

$$\begin{array}{c} (f\ 2\ 4) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ (1+ 2))\ (\text{square}\ 4)\ 5) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ (+\ 2\ 1))\ (\text{square}\ 4)\ 5) \end{array}$$

## Оценяване на комбинации с дефинирани функции

$$\begin{array}{c} (f\ 2\ 4) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ (1+ 2))\ (\text{square}\ 4)\ 5) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ (+\ 2\ 1))\ (\text{square}\ 4)\ 5) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ 3)\ (\text{square}\ 4)\ 5) \end{array}$$

## Оценяване на комбинации с дефинирани функции

$$\begin{array}{c} (f\ 2\ 4) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ (1+ 2))\ (\text{square}\ 4)\ 5) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ (+\ 2\ 1))\ (\text{square}\ 4)\ 5) \\ \downarrow \\ (+\ (\text{square}\ 3)\ (\text{square}\ 4)\ 5) \\ \downarrow \\ (+\ (*\ 3\ 3)\ (*\ 4\ 4)\ 5) \end{array}$$

## Оценяване на комбинации с дефинирани функции

(f 2 4)  
↓  
(+ (square (1+ 2)) (square 4) 5)  
↓  
(+ (square (+ 2 1)) (square 4) 5)  
↓  
(+ (square 3) (square 4) 5)  
↓  
(+ (\* 3 3) (\* 4 4) 5)  
↓  
(+ 9 16 5)

## Оценяване на комбинации с дефинирани функции

(f 2 4)  
↓  
(+ (square (1+ 2)) (square 4) 5)  
↓  
(+ (square (+ 2 1)) (square 4) 5)  
↓  
(+ (square 3) (square 4) 5)  
↓  
(+ (\* 3 3) (\* 4 4) 5)  
↓  
(+ 9 16 5)  
↓  
30

# Стандартни числови функции

Аритметични операции

$+$ ,  $-$ ,  $*$ ,  $/$

Други числови функции

`remainder`, `quotient`, `max`, `min`, `gcd`, `lcm`

Функции за закръгляне

`floor`, `ceiling`, `round`

Функции над дробни числа

`exp`, `log`, `sin`, `cos`, `tan`, `asin`, `acos`, `atan`, `expt`, `sqrt`

# Стандартни предикати

Предикати за сравнение на числа

`<`, `>`, `=`, `<=`, `>=`

Числови предикати

`zero?`, `negative?`, `positive?`, `odd?`, `even?`

Предикати за проверка на тип

`boolean?`, `number?`, `char?`, `string?`, `symbol?`, `procedure?`

# Условна форма if

- (if <условие> <израз<sub>1</sub>> <израз<sub>2</sub>>)



# Условна форма if

- (if <условие> <израз<sub>1</sub>> <израз<sub>2</sub>>)
- Оценява се <условие>

# Условна форма if

- (if <условие> <израз<sub>1</sub>> <израз<sub>2</sub>>)
- Оценява се <условие>
  - Ако оценката е #t — връща се оценката на <израз<sub>1</sub>>

# Условна форма if

- `(if <условие> <израз1> <израз2>)`
- Оценява се <условие>
  - Ако оценката е #t — връща се оценката на <израз<sub>1</sub>>
  - Ако оценката е #f — връща се оценката на <израз<sub>2</sub>>

# Условна форма if

- (if <условие> <израз<sub>1</sub>> <израз<sub>2</sub>>)
- Оценява се <условие>
  - Ако оценката е #t — връща се оценката на <израз<sub>1</sub>>
  - Ако оценката е #f — връща се оценката на <израз<sub>2</sub>>
- if е специална форма!

## Примери с условната форма if

- `(if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2))`  $\longrightarrow$  10

## Примери с условната форма if

- `(if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2))`  $\longrightarrow$  10
- `(define (abs x) (if (< x 0) (- x) x))`

## Примери с условната форма `if`

- `(if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2))`  $\longrightarrow$  10
- `(define (abs x) (if (< x 0) (- x) x))`
- `(abs -5)`  $\longrightarrow$  5, `(abs (+ 1 2))`  $\longrightarrow$  3

## Примери с условната форма `if`

- `(if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2))`  $\longrightarrow$  10
- `(define (abs x) (if (< x 0) (- x) x))`
- `(abs -5)`  $\longrightarrow$  5, `(abs (+ 1 2))`  $\longrightarrow$  3
- `(define (f x) (if (< x 5) (+ x 2) "Error"))`



# Примери с условната форма if

- `(if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2))`  $\longrightarrow$  10
- `(define (abs x) (if (< x 0) (- x) x))`
- `(abs -5)`  $\longrightarrow$  5, `(abs (+ 1 2))`  $\longrightarrow$  3
- `(define (f x) (if (< x 5) (+ x 2) "Error"))`
- `(f 3)`  $\longrightarrow$  5, `(f 5)`  $\longrightarrow$  "Error"

# Примери с условната форма if

- `(if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2))`  $\longrightarrow$  10
- `(define (abs x) (if (< x 0) (- x) x))`
- `(abs -5)`  $\longrightarrow$  5, `(abs (+ 1 2))`  $\longrightarrow$  3
- `(define (f x) (if (< x 5) (+ x 2) "Error"))`
- `(f 3)`  $\longrightarrow$  5, `(f 5)`  $\longrightarrow$  "Error"
- `(define (g x y) (if (< x y) (+ x y) (* x y)))`

# Примери с условната форма if

- `(if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2))`  $\longrightarrow$  10
- `(define (abs x) (if (< x 0) (- x) x))`
- `(abs -5)`  $\longrightarrow$  5, `(abs (+ 1 2))`  $\longrightarrow$  3
- `(define (f x) (if (< x 5) (+ x 2) "Error"))`
- `(f 3)`  $\longrightarrow$  5, `(f 5)`  $\longrightarrow$  "Error"
- `(define (g x y) (if (< x y) (+ x y) (* x y)))`
- `(define (g x y) ((if (< x y) + *) x y))`

# Примери с условната форма if

- `(if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2))`  $\longrightarrow$  10
- `(define (abs x) (if (< x 0) (- x) x))`
- `(abs -5)`  $\longrightarrow$  5, `(abs (+ 1 2))`  $\longrightarrow$  3
- `(define (f x) (if (< x 5) (+ x 2) "Error"))`
- `(f 3)`  $\longrightarrow$  5, `(f 5)`  $\longrightarrow$  "Error"
- `(define (g x y) (if (< x y) (+ x y) (* x y)))`
- `(define (g x y) ((if (< x y) + *) x y))`
- `(g 2 3)`  $\longrightarrow$  5, `(g 3 2)`  $\longrightarrow$  6

## Форма за многозначен избор cond

- `(cond {(<условие> <израз>)} [(else <израз>)])`

## Форма за многозначен избор cond

- `(cond {(<условие> <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(cond (<условие1> <израз1>)  
(<условие2> <израз2>)  
...  
(<условиеn> <изразn>)  
(else <изразn+1>))`

## Форма за многозначен избор cond

- `(cond {(<условие> <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(cond (<условие1> <израз1>)  
(<условие2> <израз2>)  
...  
(<условиеn> <изразn>)  
(else <изразn+1>))`
- Оценява се <условие<sub>1</sub>>, при #t се връща <израз<sub>1</sub>>, а при #f:

## Форма за многозначен избор cond

- `(cond {(<условие> <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(cond (<условие1> <израз1>)  
(<условие2> <израз2>)  
...  
(<условиеn> <изразn>)  
(else <изразn+1>))`
- Оценява се <условие<sub>1</sub>>, при #t се връща <израз<sub>1</sub>>, а при #f:
- Оценява се <условие<sub>2</sub>>, при #t се връща <израз<sub>2</sub>>, а при #f:



# Форма за многозначен избор cond

- `(cond {(<условие> <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(cond (<условие1> <израз1>)`  
`(<условие2> <израз2>)`  
`...`  
`(<условиеn> <изразn>)`  
`(else <изразn+1>))`
- Оценява се <условие<sub>1</sub>>, при #t се връща <израз<sub>1</sub>>, а при #f:
- Оценява се <условие<sub>2</sub>>, при #t се връща <израз<sub>2</sub>>, а при #f:
- ...

## Форма за многозначен избор cond

- `(cond {(<условие> <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(cond (<условие1> <израз1>)`  
`(<условие2> <израз2>)`  
`...`  
`(<условиеn> <изразn>)`  
`(else <изразn+1>))`
- Оценява се `<условие1>`, при `#t` се връща `<израз1>`, а при `#f`:
- Оценява се `<условие2>`, при `#t` се връща `<израз2>`, а при `#f`:
- ...
- Оценява се `<условиеn>`, при `#t` се връща `<изразn>`, а при `#f`:

## Форма за многозначен избор cond

- `(cond {(<условие> <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(cond (<условие1> <израз1>)`  
`(<условие2> <израз2>)`  
`...`  
`(<условиеn> <изразn>)`  
`(else <изразn+1>))`
- Оценява се `<условие1>`, при `#t` се връща `<израз1>`, а при `#f`:
- Оценява се `<условие2>`, при `#t` се връща `<израз2>`, а при `#f`:
- ...
- Оценява се `<условиеn>`, при `#t` се връща `<изразn>`, а при `#f`:
- Връща се `<изразn+1>`

## Пример с формата cond

```
(define (grade x)
  (cond ((>= x 5.5) "Отличен")
        ((>= x 4.5) "Много добър")
        ((>= x 3.5) "Добър")
        ((>= x 3)   "Среден")
        (else       "Слаб")))
```

## Форма за разглеждане на случаи case

- `(case <тест> {(( {<случай>}) <израз>)} [(else <израз>)])`

## Форма за разглеждане на случаи case

- `(case <тест> {(( {<случай>}) <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(case <тест> ((<случай1,1> ... <случай1,k1>) <израз1>)  
 ((<случай2,1> ... <случай2,k2>) <израз2>)  
 ...  
 ((<случайn,1> ... <случайn,kn>) <изразn>)  
 (else <изразn+1>)))`

## Форма за разглеждане на случаи case

- `(case <тест> {(( {<случай>}) <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(case <тест> ((<случай1,1> ... <случай1,k1>) <израз1>)  
 ((<случай2,1> ... <случай2,k2>) <израз2>)  
 ...  
 ((<случайn,1> ... <случайn,kn>) <изразn>)  
 (else <изразn+1>)))`
- Оценява се <тест>

## Форма за разглеждане на случаи case

- `(case <тест> {(( {<случай>}) <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(case <тест> ((<случай1,1> ... <случай1,k1>) <израз1>)  
 ((<случай2,1> ... <случай2,k2>) <израз2>)  
 ...  
 ((<случайn,1> ... <случайn,kn>) <изразn>)  
 (else <изразn+1>)))`
- Оценява се <тест>
- при някое от <случай<sub>1,1</sub>> ... <случай<sub>1,k<sub>1</sub></sub>> → <израз<sub>1</sub>>, иначе:



## Форма за разглеждане на случаи case

- `(case <тест> {(((<случай>)) <израз>)) [(else <израз>))]`
- `(case <тест> ((<случай1,1> ... <случай1,k1>) <израз1>)  
((<случай2,1> ... <случай2,k2>) <израз2>)  
...  
((<случайn,1> ... <случайn,kn>) <изразn>)  
(else <изразn+1>)))`
- Оценява се <тест>
- при някое от <случай<sub>1,1</sub>>... <случай<sub>1,k<sub>1</sub></sub>> → <израз<sub>1</sub>>, иначе:
- при някое от <случай<sub>2,1</sub>>... <случай<sub>2,k<sub>2</sub></sub>> → <израз<sub>2</sub>>, иначе:

## Форма за разглеждане на случаи case

- `(case <тест> {(( {<случай>}) <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(case <тест> ((<случай1,1> ... <случай1,k1>) <израз1>)  
((<случай2,1> ... <случай2,k2>) <израз2>)  
...  
((<случайn,1> ... <случайn,kn>) <изразn>)  
(else <изразn+1>)))`
- Оценява се <тест>
- при някое от <случай<sub>1,1</sub>> ... <случай<sub>1,k<sub>1</sub></sub>> → <израз<sub>1</sub>>, иначе:
- при някое от <случай<sub>2,1</sub>> ... <случай<sub>2,k<sub>2</sub></sub>> → <израз<sub>2</sub>>, иначе:
- ...

## Форма за разглеждане на случаи case

- `(case <тест> {(( {<случай>}) <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(case <тест> ((<случай1,1> ... <случай1,k1>) <израз1>)  
((<случай2,1> ... <случай2,k2>) <израз2>)  
...  
((<случайn,1> ... <случайn,kn>) <изразn>)  
(else <изразn+1>)))`
- Оценява се <тест>
- при някое от <случай<sub>1,1</sub>>... <случай<sub>1,k<sub>1</sub></sub>> → <израз<sub>1</sub>>, иначе:
- при някое от <случай<sub>2,1</sub>>... <случай<sub>2,k<sub>2</sub></sub>> → <израз<sub>2</sub>>, иначе:
- ...
- при някое от <случай<sub>n,1</sub>>... <случай<sub>n,k<sub>n</sub></sub>> → <израз<sub>n</sub>>, иначе:

## Форма за разглеждане на случаи case

- `(case <тест> {(( {<случай>}) <израз>)} [(else <израз>)])`
- `(case <тест> ((<случай1,1> ... <случай1,k1>) <израз1>)  
 ((<случай2,1> ... <случай2,k2>) <израз2>)  
 ...  
 ((<случайn,1> ... <случайn,kn>) <изразn>)  
 (else <изразn+1>)))`
- Оценява се <тест>
- при някое от <случай<sub>1,1</sub>>... <случай<sub>1,k<sub>1</sub></sub>> → <израз<sub>1</sub>>, иначе:
- при някое от <случай<sub>2,1</sub>>... <случай<sub>2,k<sub>2</sub></sub>> → <израз<sub>2</sub>>, иначе:
- ...
- при някое от <случай<sub>n,1</sub>>... <случай<sub>n,k<sub>n</sub></sub>> → <израз<sub>n</sub>>, иначе:
- Връща се <израз<sub>n+1</sub>>

## Пример с формата case

```
(define (days-in-month m y)
  (case m
    ((1 3 5 7 8 10 12) 31)
    ((4 6 9 11) 30)
    (else (if (leap? y) 29 28))))
```

# Логически операции

- (`not` <булев-израз>)

# Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
  - Връща отрицанието на <булев-израз>

# Логически операции

- `(not <булев-израз>)`
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- `(and {<булев-израз>})`



# Логически операции

- `(not <булев-израз>)`
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- `(and {<булев-израз>})`
- `(and <булев-израз1> <булев-израз2> ... <булев-изразn>)`

# Логически операции

- **(not** <булев-израз>)
- Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and** {<булев-израз>})
- **(and** <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)
- Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>

# Логически операции

- **(not <булев-израз>)**
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and {<булев-израз>})**
- **(and <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #t, връща #t

# Логически операции

- **(not <булев-израз>)**
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and {<булев-израз>})**
- **(and <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>

# Логически операции

- **(not <булев-израз>)**
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and {<булев-израз>})**
- **(and <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>
- **(or {<булев-израз>})**

# Логически операции

- **(not <булев-израз>)**
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and {<булев-израз>})**
- **(and <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>
- **(or {<булев-израз>})**
- **(or <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**

# Логически операции

- **(not <булев-израз>)**
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and {<булев-израз>})**
- **(and <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>
- **(or {<булев-израз>})**
- **(or <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>

# Логически операции

- **(not <булев-израз>)**
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and {<булев-израз>})**
- **(and <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>
- **(or {<булев-израз>})**
- **(or <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #f, връща #f



# Логически операции

- **(not <булев-израз>)**
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and {<булев-израз>})**
- **(and <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>
- **(or {<булев-израз>})**
- **(or <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #f, връща #f
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #t, връща #t без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>

# Логически операции

- **(not <булев-израз>)**
  - Връща отрицанието на <булев-израз>
- **(and {<булев-израз>})**
- **(and <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>
- **(or {<булев-израз>})**
- **(or <булев-израз<sub>1</sub>> <булев-израз<sub>2</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>)**
  - Оценява последователно всички <булев-израз<sub>i</sub>>
  - Ако всички се оценяват до #f, връща #f
  - Ако <булев-израз<sub>i</sub>> се оценява до #t, връща #t без да оценява следващите <булев-израз<sub>i+1</sub>> ... <булев-израз<sub>n</sub>>
- **and и or са специални форми!**

# Примери с логически операции

`(not x)`  $\iff$  `(if x #f #t)`

`(and x y)`  $\iff$  `(if x y #f)`

`(or x y)`  $\iff$  `(if x #t y)`

# Примери с логически операции

`(not x)`  $\iff$  `(if x #f #t)`

`(and x y)`  $\iff$  `(if x y #f)`

`(or x y)`  $\iff$  `(if x #t y)`

```
(define (divisible? a b)
  (= (remainder a b) 0))
```

```
(define (leap? y)
  (and (divisible? y 4)
       (or (not (divisible? y 100))
           (divisible? y 400))))
```