

Основни понятия в Scheme

Трифон Трифонов

Функционално програмиране, 2024/25 г.

2–9 октомври 2024 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: R⁵RS (1998)
- Най-нов стандарт: R⁷RS (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

(<израз₁> <израз₂> ... <израз_n>)

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
 - $5 \rightarrow 5$

Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

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

Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

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

Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

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

Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

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

Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

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

Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

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

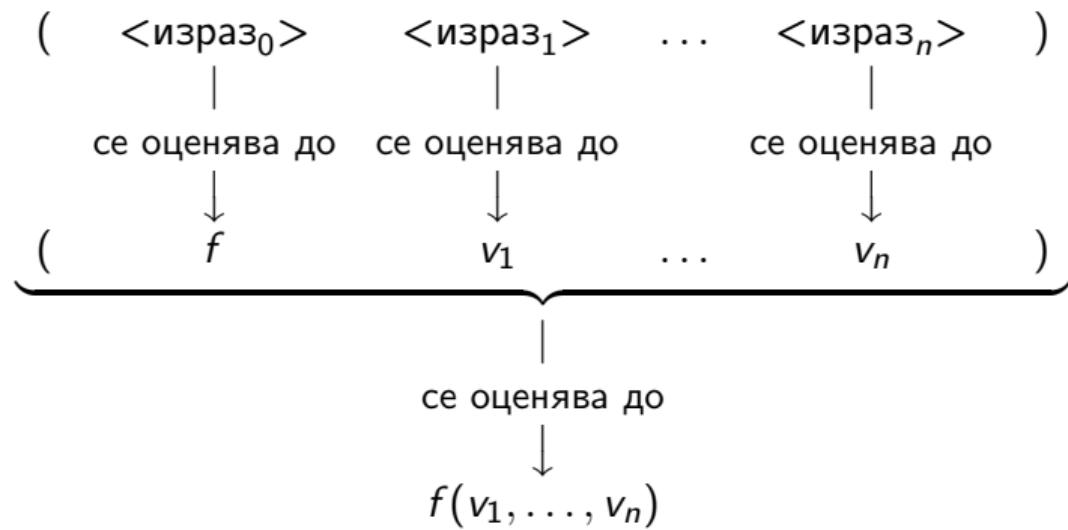
Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

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

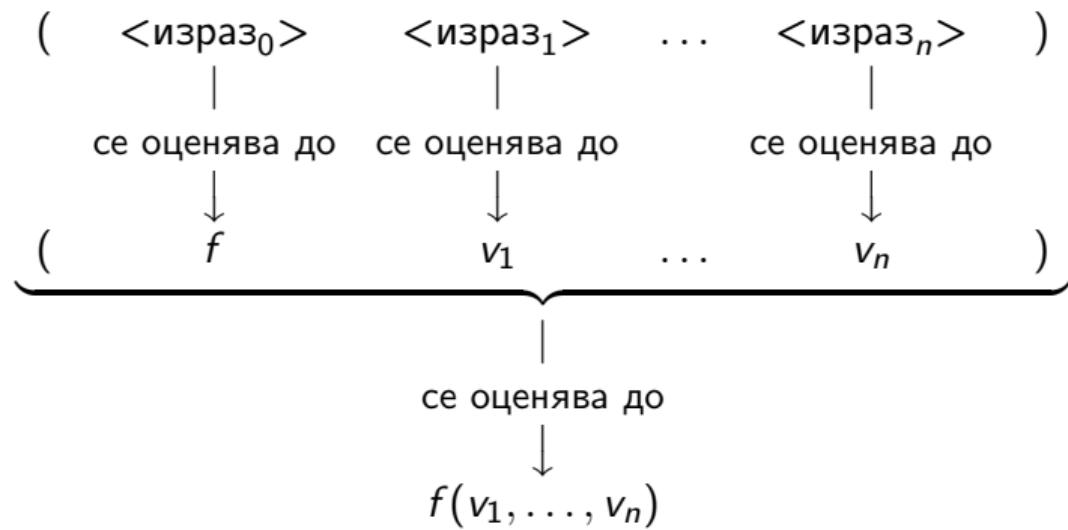
Основно правило за оценяване

Оценка на комбинация (основно правило за оценяване)



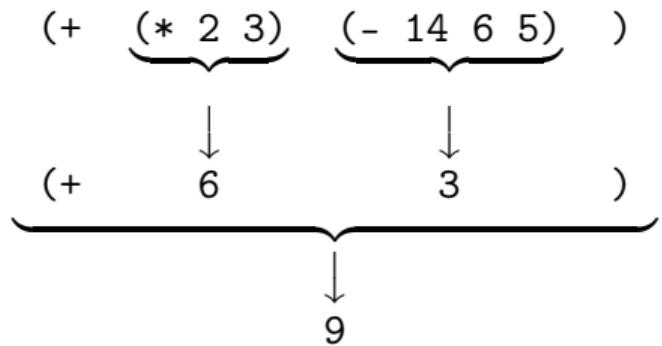
Основно правило за оценяване

Оценка на комбинация (основно правило за оценяване)



Ако f не е функция — грешка!

Пример за оценяване на комбинации

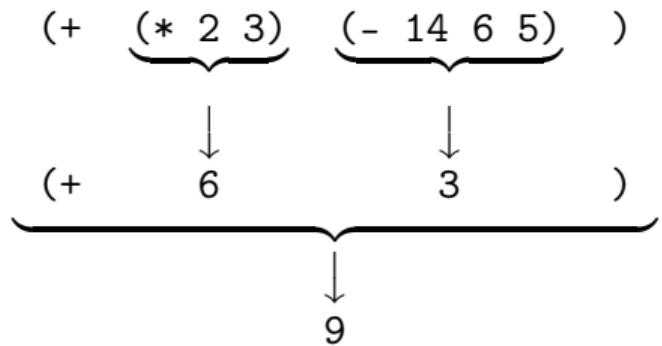


Пример за оценяване на комбинации

$$\begin{array}{c} (+ \underbrace{(* \ 2 \ 3)}_{\downarrow} \underbrace{(- \ 14 \ 6 \ 5)}_{\downarrow}) \\ \underbrace{(+ \ 6 \ 3)}_{\downarrow}) \\ 9 \end{array}$$

(1 2 3) → ?

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` → "Scheme is cool"

Дефиниция на символи

- **(define <символ> <израз>)**
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
 - `(define s "Scheme is cool")`
 - `s` → "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` → "Scheme is cool"
 - `(define x 2.5)`
 - `x` → 2.5

Дефиниция на символи

- **(define <символ> <израз>)**
- Оценява <израз> и свързва <символ> с оценката му.
- Примери:
 - `(define s "Scheme is cool")`
 - `s` → "Scheme is cool"
 - `(define x 2.5)`
 - `x` → 2.5
 - `(+ x 3.2)` → 5.7

Дефиниция на символи

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

Дефиниция на символи

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

Специални форми

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

Специални форми

- По основното правило ли се оценява (`define x 2.5`)?
- Не!
- 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`)?
- Не!
- 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 → 2`

Цитиране

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

Цитиране

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

Цитиране

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

Цитиране

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

Цитиране

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

Цитиране

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

Цитиране

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

Дефиниция на функции

- (define (<функция> {<параметър>}) <тело>)

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) —> 25`)
- (`define (1+ k) (+ k 1))`)
- (`(square (1+ (square 3))) —> 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

$(f\ 2\ 4)$
 ↓
 $(+ (\text{square} (1+ 2)) (\text{square}\ 4)\ 5)$
 ·
 $(\lambda x E_1)(E_2)$
 ↓
 $E_1[x := E_2]$

Оценяване на комбинации с дефинирани функции

```
(f 2 4)
  ↓
(+ (square (1+ 2)) (square 4) 5)
  ↓
(+ (square (+ 2 1)) (square 4) 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)
```

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)
```

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> <израз1> <израз2>)

Условна форма if

- (**if** <условие> <израз1> <израз2>)
- Оценява се <условие>

Условна форма if

- (**if** <условие> <израз₁> <израз₂>)
- Оценява се <условие>
 - Ако оценката е #t — връща се оценката на <израз₁>

Условна форма if

- (**if** <условие> <израз₁> <израз₂>)
- Оценява се <условие>
 - Ако оценката е #t — връща се оценката на <израз₁>
 - Ако оценката е #f — връща се оценката на <израз₂>

Условна форма if

<условие> ? <израз1> : <израз2>

- (**if** <условие> <израз₁> <израз₂>)
- Оценява се <условие>
 - Ако оценката е #t — връща се оценката на <израз₁>
 - Ако оценката е #f — връща се оценката на <израз₂>
- **if** е специална форма!

Примери с условната форма if

- (if (< 3 5) (+ 7 3) (- 4 2)) → 10

Примери с условната форма if

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

Примери с условната форма if

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

Примери с условната форма if

$x < 5 ? A(x + 2) : A("Error")$

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

int z = x < 5 ? x + 2 : "Error";
 ~~int~~
 bool int ~~int~~

Примери с условната форма if

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

Примери с условната форма if

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

Примери с условната форма if

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

- $(\text{cond} \{ (\langle \text{условие} \rangle \langle \text{израз} \rangle) \} [(\text{else} \langle \text{израз} \rangle)])$
- $(\text{cond} (\langle \text{условие}_1 \rangle \langle \text{израз}_1 \rangle)$
 $\quad (\langle \text{условие}_2 \rangle \langle \text{израз}_2 \rangle)$
 $\quad \dots$
 $\quad (\langle \text{условие}_n \rangle \langle \text{израз}_n \rangle)$
 $\quad (\text{else} \langle \text{израз}_{n+1} \rangle))$
- Оценява се $\langle \text{условие}_1 \rangle$, при $\#t$ се връща $\langle \text{израз}_1 \rangle$, 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`:

Форма за многозначен избор cond

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

- $(\text{cond} \{ (\langle \text{условие} \rangle \langle \text{израз} \rangle) \} [(\text{else} \langle \text{израз} \rangle)])$
- $(\text{cond} (\langle \text{условие}_1 \rangle \langle \text{израз}_1 \rangle)$
 $\quad (\langle \text{условие}_2 \rangle \langle \text{израз}_2 \rangle)$
 $\quad \dots$
 $\quad (\langle \text{условие}_n \rangle \langle \text{израз}_n \rangle)$
 $\quad (\text{else} \langle \text{израз}_{n+1} \rangle))$
- Оценява се $\langle \text{условие}_1 \rangle$, при #t се връща $\langle \text{израз}_1 \rangle$, а при #f:
- Оценява се $\langle \text{условие}_2 \rangle$, при #t се връща $\langle \text{израз}_2 \rangle$, а при #f:
- ...
- Оценява се $\langle \text{условие}_n \rangle$, при #t се връща $\langle \text{израз}_n \rangle$, а при #f:
- Връща се $\langle \text{израз}_{n+1} \rangle$

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

- $(\text{case } <\text{тест}> \{ ((\{\text{случай}\}) <\text{израз}>) \} [(\text{else } <\text{израз}>)])$
- $(\text{case } <\text{тест}> ((<\text{случай}_{1,1}> \dots <\text{случай}_{1,k_1}>) <\text{израз}_1>)$
 $((<\text{случай}_{2,1}> \dots <\text{случай}_{2,k_2}>) <\text{израз}_2>)$
...
 $((<\text{случай}_{n,1}> \dots <\text{случай}_{n,k_n}>) <\text{израз}_n>)$
 $(\text{else } <\text{израз}_{n+1}>))$
- Оценява се <тест>

Форма за разглеждане на случаи case

- $(\text{case } <\text{тест}> \{ ((\{\text{случай}\}) <\text{израз}>) \} [(\text{else } <\text{израз}>)])$
- $(\text{case } <\text{тест}> ((<\text{случай}_{1,1}> \dots <\text{случай}_{1,k_1}>) <\text{израз}_1>)$
 $((<\text{случай}_{2,1}> \dots <\text{случай}_{2,k_2}>) <\text{израз}_2>)$
...
 $((<\text{случай}_{n,1}> \dots <\text{случай}_{n,k_n}>) <\text{израз}_n>)$
 $(\text{else } <\text{израз}_{n+1}>))$
- Оценява се $<\text{тест}>$
- при някое от $<\text{случай}_{1,1}> \dots <\text{случай}_{1,k_1}> \rightarrow <\text{израз}_1>$, 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_{1,1}>... <случай_{1,k₁}> → <израз₁>, иначе:
- при някое от <случай_{2,1}>... <случай_{2,k₂}> → <израз₂>, иначе:

Форма за разглеждане на случаи case

- **(case <тест> { (({<случай>}) <израз>) } [else <израз>])**
- **(case <тест> ((<случай_{1,1}> ... <случай_{1,k₁}>) <израз₁>)**
((<случай_{2,1}> ... <случай_{2,k₂}>) <израз₂>)
...
((<случай_{n,1}> ... <случай_{n,k_n}>) <израз_n>)
(else <израз_{n+1}>))
- Оценява се <тест>
- при някое от <случай_{1,1}>... <случай_{1,k₁}> → <израз₁>, иначе:
- при някое от <случай_{2,1}>... <случай_{2,k₂}> → <израз₂>, иначе:
- ...

Форма за разглеждане на случаи case

- **(case <тест> { (({<случай>}) <израз>) } [else <израз>])**
- **(case <тест> ((<случай_{1,1}> ... <случай_{1,k₁}>) <израз₁>)**
((<случай_{2,1}> ... <случай_{2,k₂}>) <израз₂>)
...
((<случай_{n,1}> ... <случай_{n,k_n}>) <израз_n>)
(else <израз_{n+1}>))
- Оценява се <тест>
- при някое от <случай_{1,1}>...<случай_{1,k₁}> → <израз₁>, иначе:
- при някое от <случай_{2,1}>...<случай_{2,k₂}> → <израз₂>, иначе:
- ...
- при някое от <случай_{n,1}>...<случай_{n,k_n}> → <израз_n>, иначе:

Форма за разглеждане на случаи case

- **(case <тест> { (({<случай>}) <израз>) } [else <израз>])**
- **(case <тест> ((<случай_{1,1}> ... <случай_{1,k₁}>) <израз₁>)**
((<случай_{2,1}> ... <случай_{2,k₂}>) <израз₂>)
...
((<случай_{n,1}> ... <случай_{n,k_n}>) <израз_n>)
(else <израз_{n+1}>))

- Оценява се <тест>
- при някое от <случай_{1,1}>...<случай_{1,k₁}> → <израз₁>, иначе:
- при някое от <случай_{2,1}>...<случай_{2,k₂}> → <израз₂>, иначе:
- ...
- при някое от <случай_{n,1}>...<случай_{n,k_n}> → <израз_n>, иначе:
- Връща се <израз_{n+1}>

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))))
```

```
switch (m) {
    case 1:
    case 3:
    case 5:
    ....
    case 12: return 31;
    case 4:
    case 6:
    ...
}
```

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>}`)

`i < n && a[i] != x`

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-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>

Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
 - Връща отрицанието на <булев-израз>
- (**and** {<булев-израз>})
- (**and** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #t, връща #t

Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
 - Връща отрицанието на <булев-израз>
- (**and** {<булев-израз>})
- (**and** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>

Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
 - Връща отрицанието на <булев-израз>
- (**and** {<булев-израз>})
 - (**and** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>
- (**or** {<булев-израз>})

$$0 + a = a$$

$$1 \times a = a$$

~~$$\text{not } a = a$$~~

~~$$\#f \quad || \quad a = 1$$~~

Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
 - Връща отрицанието на <булев-израз>
- (**and** {<булев-израз>})
- (**and** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>
- (**or** {<булев-израз>})
- (**or** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)

Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
 - Връща отрицанието на <булев-израз>
- (**and** {<булев-израз>})
- (**and** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>
- (**or** {<булев-израз>})
- (**or** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>

Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
 - Връща отрицанието на <булев-израз>
- (**and** {<булев-израз>})
- (**and** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>
- (**or** {<булев-израз>})
- (**or** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #f, връща #f

Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
 - Връща отрицанието на <булев-израз>
- (**and** {<булев-израз>})
- (**and** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>
- (**or** {<булев-израз>})
- (**or** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #f, връща #f
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #t, връща #t без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>

Логически операции

- (**not** <булев-израз>)
 - Връща отрицанието на <булев-израз>
- (**and** {<булев-израз>})
- (**and** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #t, връща #t
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #f, връща #f без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>
- (**or** {<булев-израз>})
- (**or** <булев-израз₁> <булев-израз₂> ... <булев-израз_n>)
 - Оценява последователно всички <булев-израз_i>
 - Ако всички се оценяват до #f, връща #f
 - Ако <булев-израз_i> се оценява до #t, връща #t без да оценява следващите <булев-израз_{i+1}> ... <булев-израз_n>
- **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)

```
if (<израз>)
    return true;
else
    return false;
```

```
return <израз>;
```

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))))
```