

Основни понятия в Scheme

Трифон Трифонов

Функционално програмиране, 2023/24 г.

4–11 октомври 2023 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

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

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
 - $5 \longrightarrow 5$
 - $\#t \longrightarrow \#t$
 - $\#\backslash a \longrightarrow \#\backslash a$

Оценки на литерали и символи

На всеки израз се дава оценка.

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

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
 - $+ \longrightarrow \#\text{<procedure:+>}$
 - $a \longrightarrow \text{Грешка!}$
 - $(\text{define } a \ 5)$

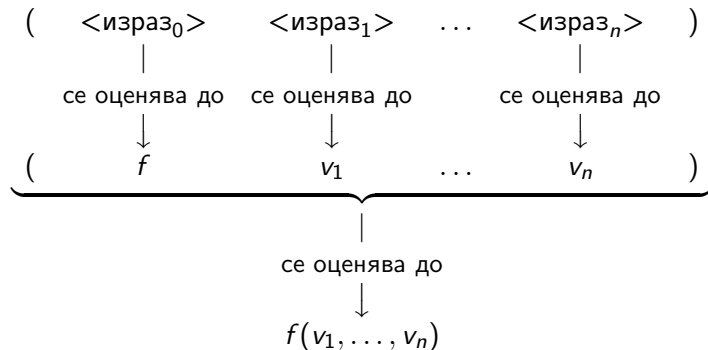
Оценки на литерали и символи

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
 - $+ \longrightarrow \#\text{<procedure:+>}$
 - $a \longrightarrow \text{Грешка!}$
 - $(\text{define } a \ 5)$
 - $a \longrightarrow 5$

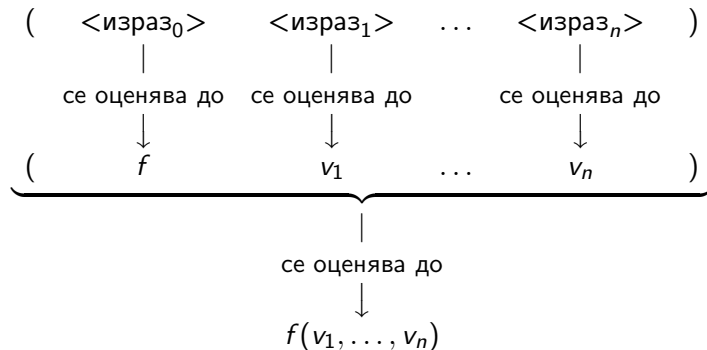
Основно правило за оценяване

Оценка на комбинация (основно правило за оценяване)



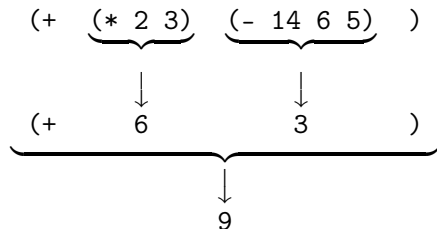
Основно правило за оценяване

Оценка на комбинация (основно правило за оценяване)

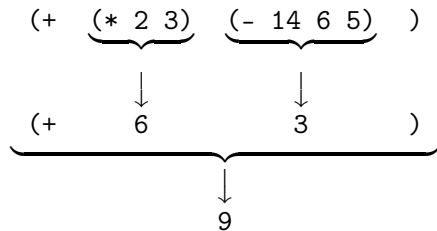


Ако f не е функция — **грешка!**

Пример за оценяване на комбинации

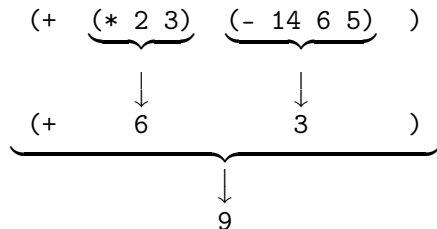


Пример за оценяване на комбинации



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

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 "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` \rightarrow "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
 - `(define z (+ y z))` \rightarrow 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) → 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

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

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> <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

- (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))` \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 `<условие1>`, при `#t` се връща `<израз1>`, 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>)`
`...`
`(<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>)`
`...`
`(<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_{1,1}> ... <случай_{1,k₁}> → <израз₁>, 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> ((<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> ((<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:
- ...
- 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> ((<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:
- ...
- 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))))
```

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-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>})**

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)`

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))))
```