

Scala

Seis

- Baastest:
 - 34 sai läbi (kõik kes esitasid)
 - 5 pole teinud

Seis

- Baastest:
 - 34 sai läbi (kõik kes esitasid)
 - 5 pole teinud
- Kontrolltöö:
 - 9 sai 25..23 punkti
 - 7 sai 21..12 punkti
 - 11 sai 11..0 punkti
 - 12 ei teinud kt-d

Kava

- 1 Näide Scala programmist. (1. loeng)
- 2 Kiire ülevaade peamsitest omadustest.
- 3 Vaatame mõnda keele aspekti detailselt.

Scala

```
object MinuEsimeneScalaProgramm {  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    println("Tere_maailm!")  
  }  
}
```

Scalas ...

- 1 meetodid on seotud *objektidega*
- 2 peameetodi nimi on `main`
- 3 peameetodi ainsa argumendi tüübiks on `Array[String]`
- 4 peameetodi tagastustüübiks on `Unit`

Näide: *Evil Hangman*

```
def main(args: Array[String]): Unit = {  
  // loeme sõnastiku  
  val wordSet: Set[String] =  
    io.Source.fromFile("sõnad.txt").getLines().toSet
```

Näide: *Evil Hangman*

```
def main(args: Array[String]): Unit = {  
  // loeme sõnastiku  
  val wordSet: Set[String] =  
    io.Source.fromFile("sõnad.txt").getLines().toSet  
  
  // äraarvatava sõna pikkus  
  print("Mitu tähte: ")  
  val wordLength: Int = StdIn.readInt()  
}
```

Näide: *Evil Hangman*

```
def main(args: Array[String]): Unit = {  
  // loeme sõnastiku  
  val wordSet: Set[String] =  
    io.Source.fromFile("sõnad.txt").getLines().toSet  
  
  // äraarvatava sõna pikkus  
  print("Mitu tähte: ")  
  val wordLength: Int = StdIn.readInt()  
  
  // jätame alles õige pikkusega sõnad  
  val filteredWords = wordSet.filter(_.length == wordLength)
```


Näide: *Evil Hangman*

```
def main(args: Array[String]): Unit = {
  // loeme sõnastiku
  val wordSet: Set[String] =
    io.Source.fromFile("sõnad.txt").getLines().toSet

  // äraarvatava sõna pikkus
  print("Mitu_tähte:_")
  val wordLength: Int = StdIn.readInt()

  // jätame alles õige pikkusega sõnad
  val filteredWords = wordSet.filter(_.length == wordLength)

  if (filteredWords.nonEmpty)
    play(new GameState(filteredWords))
  else
    println("Kahjuks_sellise_pikkusega_sõnu_pole.")
}
```

Abifunktsioonid

```
def readChar: Char = {  
  print("Paku_täht:_")  
  try {  
    StdIn.readChar()  
  } catch {  
    case _: Throwable => println("Viga!"); readChar  
  }  
}
```

Abifunktsioonid

```
def readChar: Char = {  
  print("Paku_täht:_")  
  try {  
    StdIn.readChar()  
  } catch {  
    case _: Throwable => println("Viga!"); readChar  
  }  
}
```

```
sealed trait Status  
case object Correct extends Status  
case object Wrong extends Status
```

Mängu loogika

```
class GameState(  
  var candidateWords: Set[String],  
  var movesLeft: Int = 21,  
  var guessed: Set[Char] = SortedSet.empty)  
{
```

Mängu loogika

```
class GameState(  
  var candidateWords: Set[String],  
  var movesLeft: Int = 21,  
  var guessed: Set[Char] = SortedSet.empty)  
{  
  
  def blankOtherChars(word: String, charSet: Set[Char]): String =  
    word.map(c => if (charSet(c.toLowerCase)) c else '_')
```

Mängu loogika

```
class GameState(  
  var candidateWords: Set[String],  
  var movesLeft: Int    = 21,  
  var guessed: Set[Char] = SortedSet.empty)  
{  
  
  def blankOtherChars(word: String, charSet: Set[Char]): String =  
    word.map(c => if (charSet(c.toLowerCase)) c else '_')  
  
  // Nüüd asendame selles sõnes kõik mitte-pakutud tähed alakriipsuga.  
  def blankedWord: String =  
    blankOtherChars(candidateWords.head, guessed)
```

Mängu loogika

```
class GameState(  
  var candidateWords: Set[String],  
  var movesLeft: Int = 21,  
  var guessed: Set[Char] = SortedSet.empty)  
{  
  
  def blankOtherChars(word: String, charSet: Set[Char]): String =  
    word.map(c => if (charSet(c.toLowerCase)) c else '_')  
  
  // Nüüd asendame selles sõnes kõik mitte-pakutud tähed alakriipsuga.  
  def blankedWord: String =  
    blankOtherChars(candidateWords.head, guessed)  
  
  // Kui meie sõnes pole enam ühtegi alakriipsuga peidetud täht jäänud,  
  // siis on sõne ära arvatud ja mäng on läbi.  
  def allGuessed: Boolean = !blankedWord.contains('_')
```

```
// Mängu juhtimise meetod, mis teeb ühe käigu ära.  
def move(guess: Char): Status = {  
  
  // Nüüd siis peamine töö. Tahame pakkumise järgi liigitada sõnad.  
  val groups: Map[String, Set[String]] =  
    candidateWords.groupBy(blankOtherChars(_, Set(guess)))
```



```
// Mängu juhtimise meetod, mis teeb ühe käigu ära.
def move(guess: Char): Status = {

  // Nüüd siis peamine töö. Tahame pakkumise järgi liigitada sõnad.
  val groups: Map[String, Set[String]] =
    candidateWords.groupBy(blankOtherChars(_, Set(guess)))

  // Kui on liigitatud, siis tuleks lihtsalt valida need sõnad,
  // kus on kõige rohkem kandidaatsõnu.
  val (pattern, newWords): (String, Set[String]) =
    groups.maxBy{ case (pat, set) => set.size }
```

```
// Mängu juhtimise meetod, mis teeb ühe käigu ära.
def move(guess: Char): Status = {

  // Nüüd siis peamine töö. Tahame pakkumise järgi liigitada sõnad.
  val groups: Map[String, Set[String]] =
    candidateWords.groupBy(blankOtherChars(_, Set(guess)))

  // Kui on liigitatud, siis tuleks lihtsalt valida need sõnad,
  // kus on kõige rohkem kandidaatsõnu.
  val (pattern, newWords): (String, Set[String]) =
    groups.maxBy{ case (pat, set) => set.size }

  candidateWords = newWords
  movesLeft      -= 1
  guessed        += guess
}
```

```
// Mängu juhtimise meetod, mis teeb ühe käigu ära.
def move(guess: Char): Status = {

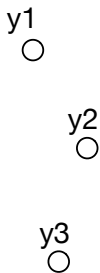
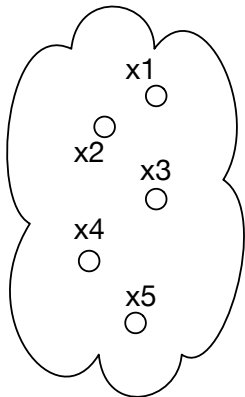
  // Nüüd siis peamine töö. Tahame pakkumise järgi liigitada sõnad.
  val groups: Map[String, Set[String]] =
    candidateWords.groupBy(blankOtherChars(_, Set(guess)))

  // Kui on liigitatud, siis tuleks lihtsalt valida need sõnad,
  // kus on kõige rohkem kandidaatsõnu.
  val (pattern, newWords): (String, Set[String]) =
    groups.maxBy{ case (pat, set) => set.size }

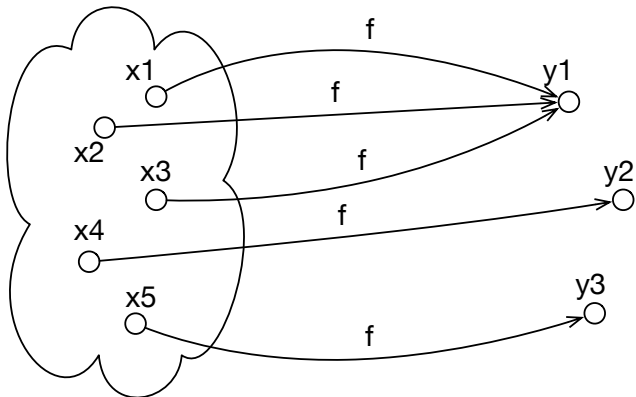
  candidateWords = newWords
  movesLeft      -= 1
  guessed        += guess

  if (pattern.contains(guess))
    Correct
  else
    Wrong
}
```

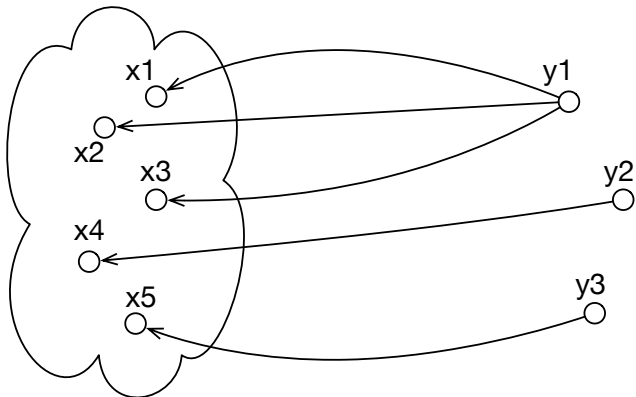
groupBy (1)



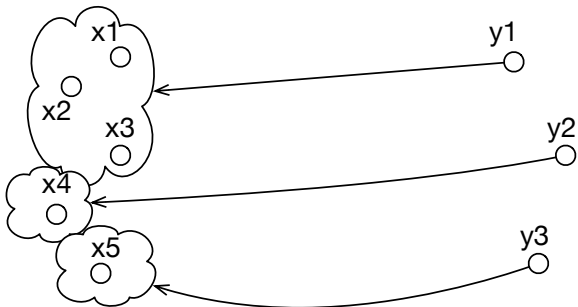
groupBy (2)



groupBy (3)



groupBy (4)



Suhtlus kasutajaga

```
def play(gs: GameState): Unit = {  
  if (gs.movesLeft == 0) {  
    println("Kaotasid!_6ige_vastus_oli:_") + gs.candidateWords.head)  
    return  
  }  
}
```


Suhtlus kasutajaga

```
def play(gs: GameState): Unit = {  
  if (gs.movesLeft == 0) {  
    println("Kaotasid!_6ige_vastus_oli:_ " + gs.candidateWords.head)  
    return  
  }  
  
  printf("Pakutud_tähed:_%s\nPakkumisi_jäänud:_%d\n\n%s\n",  
    gs.guessed.mkString(",_"), gs.movesLeft, gs.blankedWord.mkString("_"))
```

Suhtlus kasutajaga

```
def play(gs: GameState): Unit = {  
  if (gs.movesLeft == 0) {  
    println("Kaotasid!_6ige_vastus_oli:_ " + gs.candidateWords.head)  
    return  
  }  
  
  printf("Pakutud_tähed:_%s\nPakkumisi_jäänud:_%d\n\n%s\n",  
    gs.guessed.mkString(",_"), gs.movesLeft, gs.blankedWord.mkString("_"))  
  
  if (gs.allGuessed) {  
    println("Palju_õnne!")  
    return  
  }  
}
```

Suhtlus kasutajaga

```
def play(gs: GameState): Unit = {  
  if (gs.movesLeft == 0) {  
    println("Kaotasid!_6ige_vastus_oli:_ " + gs.candidateWords.head)  
    return  
  }  
  
  printf("Pakutud_tähed:_%s\nPakkumisi_jäänud:_%d\n\n%s\n",  
    gs.guessed.mkString(",_"), gs.movesLeft, gs.blankedWord.mkString("_"))  
  
  if (gs.allGuessed) {  
    println("Palju_õnne!")  
    return  
  }  
  
  gs.move(readChar) match {  
    case Correct => println("V2ga_tubli!")  
    case Wrong => println("Vale_t2ht!")  
  }  
}
```

Suhtlus kasutajaga

```
def play(gs: GameState): Unit = {  
  if (gs.movesLeft == 0) {  
    println("Kaotasid!_6ige_vastus_oli:_ " + gs.candidateWords.head)  
    return  
  }  
  
  printf("Pakutud_tähed:_%s\nPakkumisi_jäänud:_%d\n\n%s\n",  
    gs.guessed.mkString(",_"), gs.movesLeft, gs.blankedWord.mkString("_"))  
  
  if (gs.allGuessed) {  
    println("Palju_õnne!")  
    return  
  }  
  
  gs.move(readChar) match {  
    case Correct => println("V2ga_tubli!")  
    case Wrong => println("Vale_t2ht!")  
  }  
  
  play(gs)  
}
```

Scala ülevaade

- 1 Meetodid, muutujad ja väärtused. Süntaks
- 2 Lihtsad tüübid ja väärtused.
- 3 OOP, **case**-klassid ja mustrisobitus.
- 4 Puhta Scala väärtustamine.
- 5 Keerulisemad tüübid.
- 6 Nähtavus, implitsiitsus.

Meetodid

deklaratsioon, näiteks: `def +(x:Int): Unit = { println(x); x+1 }`

Meetodid

deklaratsioon, näiteks: `def +(x:Int): Unit = { println(x); x+1 }`

meetodi kutse:

`nimiobjekt.nimiametod(avaldis1, ..., avaldisn)`

näiteks: `o.+(5)`

Meetodid

deklaratsioon, näiteks: **def** +(x:Int): Unit = { println(x); x+1 }

meetodi kutse:

```
nimi_objekt.nimi_meetod(avaldis1, ..., avaldisn)
```

näiteks: o.+(5)

infixne kutse (kui on üks argument):

```
nimi_objekt nimi_meetod avaldis
```

näiteks: o + 5

Meetodid

deklaratsioon, näiteks: `def +(x:Int): Unit = { println(x); x+1 }`

meetodi kutse:

```
nimi_objekt.nimi_meetod(avaldis1, ..., avaldisn)
```

näiteks: `o.+(5)`

infixne kutse (kui on üks argument):

```
nimi_objekt nimi_meetod avaldis
```

näiteks: `o + 5`

Väärtused ja muutujad

Objektide (ja meetodide) sisse saab defineerida väärtuseid, muutujaid ja meetode.

```
object ScalaProgramm {  
  var muutuja: Int = 10  
  val v22rtus: Int = 100  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    muutuja = 20  
    val summa = muutuja + v22rtus  
    println(summa) // prindib 120  
  }  
}
```

Sulud ja meetodite kutsed

- Kui meetodil puuduvad argumendid, jätame enamasti sulud ära.
- Sulge on soovitatav kasutada, kui meetod muudab objekti.

```
object Sulud {  
  def x(): Int = 5  
  def y : Int = 5  
  val z : Int = 5  
  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val summa = x + x() + y + z  
    // summa += y() + z() <- ei tööta  
  }  
}
```

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +
- klasse, mis defineerivad + on palju

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +
- klasse, mis defineerivad + on palju
- ???

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +
- klasse, mis defineerivad + on palju
- ???

- Haskell:

```
foo x = f x + g x
```

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +
- klasse, mis defineerivad + on palju
- ???

- Haskell:

```
foo x = f x + g x
```

- peavad leiduma $f :: \alpha \rightarrow \beta$ ja $g :: \gamma \rightarrow \delta$

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +
- klasse, mis defineerivad + on palju
- ???

- Haskell:

```
foo x = f x + g x
```

- peavad leiduma $f :: \alpha \rightarrow \beta$ ja $g :: \gamma \rightarrow \delta$
- kuna rakendame x mõlemale, siis peab $\alpha = \gamma$

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +
- klasse, mis defineerivad + on palju
- ???

- Haskell:

```
foo x = f x + g x
```

- peavad leiduma $f :: \alpha \rightarrow \beta$ ja $g :: \gamma \rightarrow \delta$
- kuna rakendame x mõlemale, siis peab $\alpha = \gamma$
- kuna (+) :: Num a => a -> a -> a siis $\beta = \delta$ ja Num α

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +
- klasse, mis defineerivad + on palju
- ???

- Haskell:

```
foo x = f x + g x
```

- peavad leiduma $f :: \alpha \rightarrow \beta$ ja $g :: \gamma \rightarrow \delta$
- kuna rakendame x mõlemale, siis peab $\alpha = \gamma$
- kuna (+) :: Num a => a -> a -> a siis $\beta = \delta$ ja Num α
- s.t. foo :: Num $\beta \Rightarrow \alpha \rightarrow \beta$

Tüübituletus

- Scala:

```
def foo(x) = x.f + x.g
```

- x-l peavad olema meetodid (või väljad) f ja g
- klasse, mis defineerivad f ja g võib olla palju
- ka viise, kuidas f ja g defineerida on palju
- meetodi f tagastusväärtus peab omama meetodit +
- klasse, mis defineerivad + on palju
- ???

- Haskell:

```
foo x = f x + g x
```

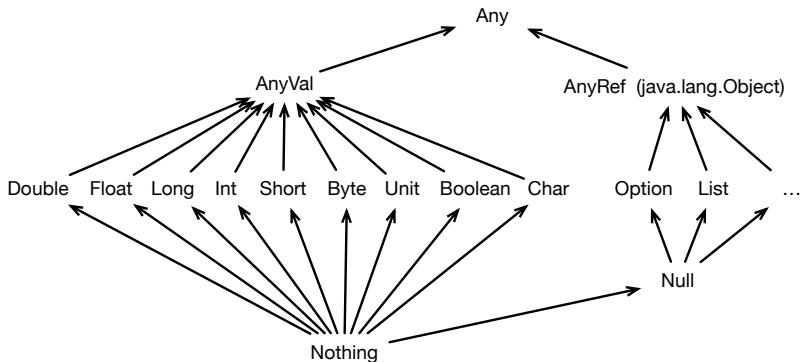
- peavad leiduma $f :: \alpha \rightarrow \beta$ ja $g :: \gamma \rightarrow \delta$
- kuna rakendame x mõlemale, siis peab $\alpha = \gamma$
- kuna (+) :: Num a => a -> a -> a siis $\beta = \delta$ ja Num α
- s.t. foo :: Num $\beta \Rightarrow \alpha \rightarrow \beta$

- (need olid lihtsustatud näited)

Süntaks

- Tingimusavaldised:
`if(e) s1 else s2`
- tsüklid (lihtsustatult):
`for (muutuja <- algus to l6pp) { ... } // kaasa-arvatud`
`for (muutuja <- algus until l6pp) { ... } // välja-arvatud`
`for (muutuja <- kollektsoon) { ... }`
- funktsiooni tüüp:
`tyyp =>tyyp2`
- lambdad:
`(muutuja: tyyp, muutja2: tyyp2) => keha`
- blokid (eraldi ridadel võib semikoolonid ära jätta):
`{e1; e2; ... en;`

Alamtüüpimine



Avaldised

Väärtused (AnyVal):

- `()` : Unit
 - `true` : Boolean, `false` : Boolean
 - `'a'` : Char, `'b'` : Char, ...
 - `1` : Byte, `2` : Short, `3` : Int, `3` : Long
 - `1f` : Float, `2` : Double
-
- Väärtustel saab samuti meetodeid välja kutsuda. N: `1.+(2)`
 - Aritmeetikafunktsioonid. N: `math.max(math.Pi, x*4)`

Klassid ja Objektid

```
class MinuKlass {  
    val viis: Int = 5  
    def lisaviis(x: Int): Int = x+viis  
}
```

- Klassid on objektide tüübid.

```
var o : MinuKlass = null
```

- Objekte saab luua võtmesõnaga **new**.

```
o = new MinuKlass
```

Konstruktorid

- Peamine konstruktor — argumendid klassi nime järel ja keha meetodite ja väljadega segamini.

```
class K(nimi: String, synniaasta: Int) {  
    println("Loodi_klass_K("+ nimi +", " + synniaasta + ")")  
    def umbkaudneVanus(): Int = LocalDate.now.getYear - synniaasta  
}
```

- Abikonstruktor.

```
class K(nimi: String, synniaasta: Int) {  
    def this() = this("nipitiri", LocalDate.now.getYear)  
    println("Loodi_klass_K("+ nimi +", " + synniaasta + ")")  
    def umbkaudneVanus(): Int = LocalDate.now.getYear - synniaasta  
}
```

- Konstruktori väljakutse:

```
val x = new K("Donald", 1934)  
val y = new K // = new K("nipitiri", 2018)
```

Case klassid ja objektid

```
trait List[+A] // Scala listide lihtsustus  
case object Nil extends List[Nothing]  
case class Cons[A](x:A, xs: List[A]) extends List[A]
```

```
val list = Cons(1, Cons(2, Cons(3, Nil)))
```

- Nagu algebraised andmestruktuurid Haskellis.
- Ei kasutata võtmesõna **new**.
- Defineerib võrduse, mis sõltub konstruktorite argumentidest:

```
Cons(3, Nil) == Cons(3, Nil)  
Cons(3, Nil) != Nil
```

- Defineerib toString meetodi:

```
list.toString = "Cons(1, _Cons(2, _Cons(3, _Nil)))"
```

Traitid ja pärimine

- Liideste asemel on Scalas **trait**-id:

```
trait T {  
  var q: Char  
  def f(x: Int): Double  
  def g(x: Int): Double = f(10) / 2  
}
```

- Abstraktsed klassid:

```
abstract class Q {  
  def h(x: Int): Boolean  
}
```

- Klass laiendab kuni ühte klassi ja suvaline arv *trait*-e.

```
class W extends Q with T {  
  override var q: Char = 'a'  
  override def f(x: Int): Double = x.toDouble % 10  
  override def g(x: Int): Double = f(10) / 3  
  override def h(x: Int): Boolean = f(x) > 100  
}
```

Traitide lineariseerimine

- Traitid väldivad mitmese pärimise probleeme kasutades lineariseerimist.
- Objekti meetodi kutsel tehakse valik vastavalt eelistusjärjekorrale

Näide

```
class A
trait B extends A
trait C extends A
trait D extends C
class E extends A with B with D
```

Järjekord: E -> D -> C -> B -> A -> AnyRef -> Any

Apply meetod

Kirjutades $o(e)$
mõistab Scala seda nii: `o.apply(e)`

- Kasutatakse näiteks massiivide (Array) ja kujundite (Map) juures.
- Kasutatakse andmestruktuuride koostamisel.

```
val a = Array(11,22,33) // Array.apply(11,22,33)  
val b = a(1)           // a.apply(1) == 22
```

Mustisobitus

```
def length[A](xs: List[A]): Int =  
  xs match {  
    case Nil          => 0  
    case Cons(_, xs) => 1 + length(xs)  
  }
```

Omistamisega meetodid

Kirjutades `l += e` või `l.+=(e)`
mõistab Scala seda nii: `l = l + e`

- Töötab suvalise sümbolitest koosneva operaatoriga.
- Avaldis `l` väärtustakse üks kord.

```
class Q(val y:Int) {  
  def +(x: Int): Q = new Q(x+y)  
}
```

```
var x = new Q(10)  
x += 10  
println(x.y) // trükitakse 20
```

Puhta Scala Väärtustamine

- Aritmeetika väärtustatakse samamoodi nagu Haskellis.
- Blokid:
 - $\{ e \} \rightarrow e$
 - $\{ \text{val } x = v; es \} \rightarrow \{ es[x \rightarrow v] \}$ (kui v on normaalkujul)
 - $\{ \text{val } x = e_1; es \} \rightarrow \{ \text{val } x = e_2; es \}$
 - $\{ \text{def } f \dots; es \} \rightarrow \{ es \}$ (kui f ei sisaldu es -s)
 - $\{ \text{def } f \dots; es_1 \} \rightarrow \{ \text{def } f \dots; es_2 \}$
 - $\{ \text{class } k \dots; es \} \rightarrow \{ es \}$ (kui f ei sisaldu es -s)
 - $\{ \text{class } k \dots; es_1 \} \rightarrow \{ \text{class } k \dots; es_2 \}$
 - Sarnaselt klassidele käitume case-klasside ja objektide puhul.
- Argumendid väärtustatakse enne rakendust.
- Funktsioon $\text{def } fn(x_1, \dots, x_n) = e:$

$$fn(v_1, \dots, v_n) \rightarrow e[x_1 \rightarrow v_1] \dots [x_n \rightarrow v_n]$$

Näited

```
e = {  
  def mul(x: Int, y: Int) = x * y  
  def add(a: Int, b: Int) = a + b  
  add(5, mul(3,8))  
}
```

```
add(5, mul(3,8))  
  ↓
```

Näited

```
e = {  
  def mul(x: Int, y: Int) = x * y  
  def add(a: Int, b: Int) = a + b  
  add(5, mul(3,8))  
}
```

```
add(5, mul(3,8))  
  ↓(x*y)[x->3][y->8]
```

Näited

```
e = {  
  def mul(x: Int, y: Int) = x * y  
  def add(a: Int, b: Int) = a + b  
  add(5, mul(3,8))  
}
```

```
add(5, mul(3,8))  
      ↓(x*y)[x->3][y->8]  
add(5, 3*8)  
      ↓
```

Näited

```
e = {  
  def mul(x: Int, y: Int) = x * y  
  def add(a: Int, b: Int) = a + b  
  add(5, mul(3,8))  
}
```

```
add(5, mul(3,8))  
  ↓(x*y)[x->3][y->8]  
add(5, 3*8)  
  ↓  
add(5, 24)  
  ↓
```


Näited

```
e = {  
  def mul(x: Int, y: Int) = x * y  
  def add(a: Int, b: Int) = a + b  
  add(5, mul(3,8))  
}
```

```
add(5, mul(3,8))  
  ↓(x*y)[x->3][y->8]  
add(5, 3*8)  
  ↓  
add(5, 24)  
  ↓(a+b)[a->5][b->24]
```

Näited

```
e = {  
  def mul(x: Int, y: Int) = x * y  
  def add(a: Int, b: Int) = a + b  
  add(5, mul(3,8))  
}
```

```
add(5, mul(3,8))  
  ↓(x*y)[x->3][y->8]  
add(5, 3*8)  
  ↓  
add(5, 24)  
  ↓(a+b)[a->5][b->24]  
5+24  
  ↓
```

Näited

```
e = {  
  def mul(x: Int, y: Int) = x * y  
  def add(a: Int, b: Int) = a + b  
  add(5, mul(3,8))  
}
```

```
add(5, mul(3,8))  
  ↓(x*y)[x->3][y->8]  
add(5, 3*8)  
  ↓  
add(5, 24)  
  ↓(a+b)[a->5][b->24]  
5+24  
  ↓  
29
```

Puhta Scala Väertustamine

- Meetodid `class K(p1, ..., pm) { def fn(x1, ..., xn) = e; ... }`

$$\text{new K}(w_1, \dots, w_m).\text{fn}(v_1, \dots, v_n)$$

$$\downarrow$$

$$e[x_1 \rightarrow v_1] \dots [x_n \rightarrow v_n][p_1 \rightarrow w_1] \dots [p_m \rightarrow w_m][\text{this} \rightarrow \text{new K}(w_1, \dots, w_m)]$$

- Väljad `class K(p1, ..., pm) { val n = e; ... }`

$$\text{new K}(w_1, \dots, w_m).n$$

$$\downarrow$$

$$e[p_1 \rightarrow w_1] \dots [p_m \rightarrow w_m][\text{this} \rightarrow \text{new K}(w_1, \dots, w_m)]$$

- Sarnaselt käitume case-klasside ja objektide puhul.

Näited

```
e = {  
  class Kala(nimi: String) {  
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."  
  }  
  val nemo = new Kala("Neemo")  
  nemo.tee("uju")  
}
```

nemo.tee("uju")



Näited

```
e = {  
  class Kala(nimi: String) {  
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."  
  }  
  val nemo = new Kala("Neemo")  
  nemo.tee("uju")  
}
```

```
    nemo.tee("uju")  
      ↓  
new Kala("Neemo").tee("uju")  
      ↓
```

Näited

```
e = {  
  class Kala(nimi: String) {  
    def tee(mida: String) = nimi+"_" +mida+"b."  
  }  
  val nemo = new Kala("Neemo")  
  nemo.tee("uju")  
}
```

```
      nemo.tee("uju")  
      ↓  
new Kala("Neemo").tee("uju")  
      ↓ (nimi+"_" + mida+"b.") [nimi->"Neemo"] [mida->"ujub"]
```

Näited

```
e = {
  class Kala(nimi: String) {
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+"mida"+"b."
  }
  val nemo = new Kala("Neemo")
  nemo.tee("uju")
}
```

```

      nemo.tee("uju")
          ↓
new Kala("Neemo").tee("uju")
          ↓ (nimi+"_" + mida+"b.") [nimi->"Neemo"] [mida->"ujub"]
("Neemo"+"_" + "uju"+"b.")
          ↓
          ⋮
```


Näited

```
e = {  
  class Kala(nimi: String) {  
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."  
  }  
  val nemo = new Kala("Neemo")  
  nemo.tee("uju")  
}
```

```
    nemo.tee("uju")  
      ↓  
new Kala("Neemo").tee("uju")  
      ↓ (nimi+"_"+mida+"b.")[nimi->"Neemo"][mida->"uju"]  
("Neemo"+"_"+"uju"+"b.")  
      ↓  
"Neemo_ujub."
```

Näited

```
e = {  
  class Kala(nimi: String) {  
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."  
    def lenda = this.tee("lenda")  
  }  
  new Kala("Doris").lenda  
}  
  
  new Kala("Doris").lenda  
  ↓
```

Näited

```
e = {  
  class Kala(nimi: String) {  
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."  
    def lenda = this.tee("lenda")  
  }  
  new Kala("Doris").lenda  
}  
  
new Kala("Doris").lenda  
  ↓ this.tee("lenda")[this->new Kala("Doris")]
```

Näited

```
e = {  
  class Kala(nimi: String) {  
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."  
    def lenda = this.tee("lenda")  
  }  
  new Kala("Doris").lenda  
}  
  
  new Kala("Doris").lenda  
    ↓ this.tee("lenda")[this->new Kala("Doris")]  
new Kala("Doris").tee("lenda")  
  ↓
```

Näited

```
e = {  
  class Kala(nimi: String) {  
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."  
    def lenda = this.tee("lenda")  
  }  
  new Kala("Doris").lenda  
}  
  
  new Kala("Doris").lenda  
    ↓ this.tee("lenda")[this->new Kala("Doris")]  
new Kala("Doris").tee("lenda")  
    ↓ (nimi+"_"+mida+"b.")[mida->"lenda"][nimi->"Doris"]
```

Näited

```
e = {
  class Kala(nimi: String) {
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."
    def lenda = this.tee("lenda")
  }
  new Kala("Doris").lenda
}

  new Kala("Doris").lenda
    ↓ this.tee("lenda")[this->new Kala("Doris")]
new Kala("Doris").tee("lenda")
  ↓ (nimi+"_"+mida+"b.")[mida->"lenda"][nimi->"Doris"]
("Doris"+"_"+"lenda"+"b.")
  ↓
```

Näited

```

e = {
  class Kala(nimi: String) {
    def tee(mida: String) = nimi+"_"+mida+"b."
    def lenda = this.tee("lenda")
  }
  new Kala("Doris").lenda
}

new Kala("Doris").lenda
  ↓ this.tee("lenda")[this->new Kala("Doris")]
new Kala("Doris").tee("lenda")
  ↓ (nimi+"_"+mida+"b.")[mida->"lenda"][nimi->"Doris"]
("Doris"+"_"+"lenda"+"b.")
  ↓
"Doris_lendab."

```

Tüübiparameetrid (lihtne vorm)

- Kandilistes sulgudes, komadega eraldatult.
- Kasutatakse sõnu: geneeriline ja polümorfism.
- Meetodi või klassi nime järel.

```
class A[T](val x:T) {  
  def g[U](f: T => U): U = f(x)  
}  
val a = new A[Int](5)  
println(a.g[String](x => x.toString+"#")) // trükib 5#
```


Tüübiparameetrid (lihtne vorm)

- Kandilistes sulgudes, komadega eraldatult.
- Kasutatakse sõnu: geneeriline ja polümorfism.
- Meetodi või klassi nime järel.

```
class A[T](val x:T) {  
  def g[U](f: T => U): U = f(x)  
}  
val a = new A[Int](5)  
println(a.g[String](x => x.toString+"#")) // trükitab 5#
```

- Püütakse tuletada

```
val a = new A(5)  
println(a.g(x => x.toString+"#")) // trükitab 5#
```

Parameetrite kitsendamine

- ülevalt: `T <: U`

```
trait Koduloom
```

```
trait Kass extends Koduloom
```

```
trait Koer extends Koduloom
```

```
class LoomaWrapper[L <: Koduloom](p: L) {
```

```
  def loom: L = p
```

```
}
```

Parameetrite kitsendamine

- ülevalt: $T <: U$

```
trait Koduloom
trait Kass extends Koduloom
trait Koer extends Koduloom
class LoomaWrapper[L <: Koduloom](p: L) {
  def loom: L = p
}
```

- alt: $T >: U$

```
trait Järjend[B] {
  def lisaAlgusesse[U >: B](e: U): Järjend[U]
}
val kassid : Järjend[Kass] = ???
val loomad : Järjend[Koduloom] = kassid.lisaAlgusesse[Koduloom](???)
```

Parameetrite kitsendamine

- ülevalt: $T <: U$

```
trait Koduloom
trait Kass extends Koduloom
trait Koer extends Koduloom
class LoomaWrapper[L <: Koduloom](p: L) {
  def loom: L = p
}
```

- alt: $T >: U$

```
trait Järjend[B] {
  def lisaAlgusesse[U >: B](e: U): Järjend[U]
}
val kassid : Järjend[Kass] = ???
val loomad : Järjend[Koduloom] = kassid.lisaAlgusesse[Koduloom](???)
```

- implitsiitselt teisendatav tüüp: $T <% U$
- $T : M$ — leidub implitsiitne väärtus $M[T]$

Klasside variantsus

Oletame, et $U <: V$ ehk U ülemklass on V .

| | Klassi definitsioon | Tähendus |
|------------------|---------------------|------------------------------|
| kovariantsus | $C[+T]$ | $C[U] <: C[V]$ |
| kontravariantsus | $C[-T]$ | $C[U] >: C[V]$ |
| invariantus | $C[T]$ | $C[U]$ ja $C[V]$ pole seotud |

Klasside variantsus

Oletame, et $U <: V$ ehk U ülemklass on V .

| | Klassi definitsioon | Tähendus |
|------------------|---------------------|------------------------------|
| kovariantsus | $C[+T]$ | $C[U] <: C[V]$ |
| kontravariantsus | $C[-T]$ | $C[U] >: C[V]$ |
| invariantus | $C[T]$ | $C[U]$ ja $C[V]$ pole seotud |

- Listid on kovariantsed ($List[+A]$).
 - $List[Koer]$ saame kasutada kui nõutakse $List[Koduloom]$

Klasside variantsus

Oletame, et $U <: V$ ehk U ülemklass on V .

| | Klassi definitsioon | Tähendus |
|------------------|---------------------|------------------------------|
| kovariantsus | $C[+T]$ | $C[U] <: C[V]$ |
| kontravariantsus | $C[-T]$ | $C[U] >: C[V]$ |
| invariantsus | $C[T]$ | $C[U]$ ja $C[V]$ pole seotud |

- Listid on kovariantsed ($List[+A]$).
 - $List[Koer]$ saame kasutada kui nõutakse $List[Koduloom]$
- Printerid on kontravariantsed.
 - $Printer[Koduloom]$ saame kasutada kui nõutakse $Printer[Kass]$

```
class Printer[-A] {
  def print(p: A): Unit
}
```

Tüübi alias ja abstraktsed andmetüübid

- Tüübile saab anda uue nime:

```
type uusNimi = vanaTyyp
```

- Traiti sees võimaldab luua abstraktseid andmetüüpe:

```
trait MyList[T] {  
  type S  
  def empty: S  
  def insert(t: T, s: S): S  
  def foldr[Q](t: Q, op: T => Q => Q, s:S): Q  
}
```


Karrimine ja mitu argumendi komplekti

Vaatame foldLeft tüüpi:

```
def foldLeft[B](z: B)(op: (B, A) => B): B
```

- Kõigepealt võtab ühe argumendi z siis op.

Karrimine ja mitu argumendi komplekti

Vaatame foldLeft tüüpi:

```
def foldLeft[B](z: B)(op: (B, A) => B): B
```

- Kõigepealt võtab ühe argumendi z siis op.
- Paindlikum, kuna järgnev komplekt võib sõltuda eelmustest:

```
trait Q {  
  type t  
  var e : t  
}  
  
object Test {  
  def f(q: Q)(v: q.t): q.t = {  
    v  
  }  
}
```

Meetodi nähtavus

| võtmesõna | nähtavus |
|-----------------------------|-----------------------|
| private [this] | ainult sama objekt |
| private | sama klassi objektid |
| protected | lisaks alamklassidest |
| private [paketiNimi] | nimetaud paketist |
| | (vaikeväärtus) kõik |

Mixinid – motivatsioon

```
trait Part {  
  def prääks  
  def lenda  
  def joonista  
}  
class SinikaelPart extends Part { ... }  
class TuliPart      extends Part { ... }  
class KummiPart    extends Part { ... } // ei prääksu (vaid piiksub)  
class PeibutusPart extends Part { ... } // ei tee häält ega lenda  
...
```

- Koodi taaskasutus problemaatiline.
- Pole tüübi järgi eristust, kes lendab ja kes prääksub.
- Uue meetodi lisamine tüütu.

Java-lik lahendus — *strategy pattern*

```
class Part(p:PrääksuStrateegia, l:LennuStrateegia) {  
    def prääks  
    def lenda  
    def joonista  
}  
class SinikaelPart extends Part(prääksuVõime      , lennuVõime)  
class TuliPart      extends Part(prääksuVõime      , lennuVõime)  
class KummiPart     extends Part(piiksuVõime      , lennuVõimePuudu)  
class PeibutusPart extends Part(prääksuVõimePuudu, lennuVõimePuudu)  
...
```

- Lahendab taaskasutuse probleemi.

Liittüübiga lahendus

```
trait Prääks      { def prääks  }  
trait PiiksPrääks { def prääks  }  
trait Lenda       { def lenda   }  
trait Part        { def joonista }
```

```
class SinikaelPart extends Part with Prääks      with Lenda  
class TuliPart     extends Part with Prääks      with Lenda  
class KummiPart    extends Part with PiiksPrääks with Lenda  
class PeibutusPart extends Part
```

- Koodi taaskasutus ok.
- Tüübi järgi eristust, kes lendab.
- Uue meetodi lisame vaid sinna kuhu vaja.
- Väga palju klasse.

Mixin lahendus

```
trait Prääks      { def prääks  }  
trait PiiksPrääks { def prääks  }  
trait Lenda      { def lenda   }  
trait Part       { def joonista }
```

```
val skp = new Part with Prääks      with Lenda { ... }  
val tp  = new Part with Prääks      with Lenda { ... }  
val kp  = new Part with PiiksPrääks with Lenda { ... }  
val pp  = new Part                  { ... }
```

- Nii vähe klasse kui ise soovime.
- Tüübid paindlikud.

```
def lennuta(p: Lenda) = ...
```

Klasside ja Traitide lineariseerimine

- Traitide sees võib olla implementatsioon.
- Alamtrait saab implementatsiooni muuta (**override**).

Klasside ja Traitide lineariseerimine

- Traitide sees võib olla implementatsioon.
- Alamtrait saab implementatsiooni muuta (**override**).
- Tekib küsimus: milline implementatsioon peale jääb.
- Vastus: Vastavalt lineariseerimie järjekorrale.

Klasside ja Traitide lineariseerimine

- Traitide sees võib olla implementatsioon.
- Alamtrait saab implementatsiooni muuta (**override**).
- Tekib küsimus: milline implementatsioon peale jääb.
- Vastus: Vastavalt lineariseerimie järjekorrale.

Näide:

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

Mis järjekorras meetode klassidest/traitidest otsitakse?

Lineariseerimise algoritm l

C_0 extends C_1 with C_2 with ... with C_n

Lineariseerimise algoritm l

C_0 extends C_1 with C_2 with ... with C_n

- Kui $n = 0$, siis $l(C_0) := C_0 \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimise algoritm l

C_0 extends C_1 with C_2 with ... with C_n

- Kui $n = 0$, siis $l(C_0) := C_0 \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- Kui $n > 0$:

Lineariseerimise algoritm l

C_0 extends C_1 with C_2 with ... with C_n

- Kui $n = 0$, siis $l(C_0) := C_0 \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- Kui $n > 0$:
 - ➊ Võtame $k := \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimise algoritm l

C_0 extends C_1 with C_2 with ... with C_n

- Kui $n = 0$, siis $l(C_0) := C_0 \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- Kui $n > 0$:
 - 1 Võtame $k := \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
 - 2 Teeme tsükli $i \leftarrow \{1, 2 \dots n\}$

Lineariseerimise algoritm l

C_0 extends C_1 with C_2 with ... with C_n

- Kui $n = 0$, siis $l(C_0) := C_0 \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- Kui $n > 0$:
 - 1 Võtame $k := \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
 - 2 Teeme tsükli $i \leftarrow \{1, 2 \dots n\}$
 - 1 Leitakse $x := l(C_i)$
 - 2 Eemaldame x -st need, mis leiduvad k -s.
 - 3 Uuendame $k := x \rightarrow k$

Lineariseerimise algoritm l

C_0 extends C_1 with C_2 with ... with C_n

- Kui $n = 0$, siis $l(C_0) := C_0 \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- Kui $n > 0$:
 - 1 Võtame $k := \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
 - 2 Teeme tsükli $i \leftarrow \{1, 2 \dots n\}$
 - 1 Leitakse $x := l(C_i)$
 - 2 Eemaldame x -st need, mis leiduvad k -s.
 - 3 Uuendame $k := x \rightarrow k$
 - 3 $l(C_0) = C_0 \rightarrow k$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = \dots$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = \dots$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = \dots \rightarrow l(A)$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = \dots \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }
trait B extends A { ... }
trait C extends A with B { ... }
trait D extends B with C { ... }
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = \dots$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(C) = \dots \rightarrow l(A)$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = \dots \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = \dots \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(D) = \dots$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }
trait B extends A { ... }
trait C extends A with B { ... }
trait D extends B with C { ... }
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(D) = \dots \rightarrow l(B)$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(D) = \dots \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(D) = \dots \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $I(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $I(D) = D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(D) = D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(D) = D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(E) = \dots$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(D) = D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(E) = \dots \rightarrow l(A)$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(D) = D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(E) = \dots \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(D) = D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(E) = \dots \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Lineariseerimine

Tahame teada E lineariseerimist aga arvutame hoopis järjest (alates A-st).

```
trait A { ... }  
trait B extends A { ... }  
trait C extends A with B { ... }  
trait D extends B with C { ... }  
class E extends A with D with C { ... }
```

- $l(A) = A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(B) = B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(C) = C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(D) = D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$
- $l(E) = E \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \text{AnyRef} \rightarrow \text{Any}$

Objektide võrdsus

```
class Any {  
  final def ==(that: Any): Boolean  
  def equals(that: Any): Boolean  
  ...  
}  
class AnyRef extends Any {  
  final def eq(that: Any): Boolean  
  def equals(that: Any): Boolean = this eq that  
  ...  
}
```

Objektide võrdsus

```
class Any {
  final def ==(that: Any): Boolean
  def equals(that: Any): Boolean
  ...
}
class AnyRef extends Any {
  final def eq(that: Any): Boolean
  def equals(that: Any): Boolean = this eq that
  ...
}
```

AnyValide puhul:

- Nii `==` kui `equals` võrdlevad sisuliselt.

AnyRefide puhul:

- `eq` võrdleb viitaid
- `equals` tuleks üle laadida sisulise võrsusega, vaikimisi sama mis `eq`.
 - Äрге unustage ka `hashCode` üle defineerida!
- `x == y` \iff `if (x eq null) y eq null else x equals y`

Objektide võrdsus

```
class Any {  
  final def ==(that: Any): Boolean  
  def equals(that: Any): Boolean  
  ...  
}  
class AnyRef extends Any {  
  final def eq(that: Any): Boolean  
  def equals(that: Any): Boolean = this eq that  
  ...  
}
```

AnyValide puhul:

- Nii `==` kui `equals` võrdlevad sisuliselt.

AnyRefide puhul:

- `eq` võrdleb viitaid
- `equals` tuleks üle laadida sisulise võrsusega, vaikimisi sama mis `eq`.
 - Äрге unustage ka `hashCode` üle defineerida!
- `x == y` \iff `if (x eq null) y eq null else x equals y`

Mustrisobitus

- Saab kasutada lausena:

```
var sign = ...
val c: Char = ...
c match {
  case '+' => sign = 1
  case '-' => sign = -1
  case _ => sign = 0
}
```

Mustrisobitus

- Saab kasutada lausena:

```
var sign = ...
val c: Char = ...
c match {
  case '+' => sign = 1
  case '-' => sign = -1
  case _ => sign = 0
}
```

- Saab kasutada avaldisena:

```
val c: Char = ...
val sign =
  c match {
    case '+' => 1
    case '-' => -1
    case _ => 0
  }
```


Mustrisobitus

- Saab kasutada lausena:

```
var sign = ...
val c: Char = ...
c match {
  case '+' => sign = 1
  case '-' => sign = -1
  case _ => sign = 0
}
```

- Saab kasutada avaldisena:

```
val c: Char = ...
val sign =
  c match {
    case '+' => 1
    case '-' => -1
    case _ => 0
  }
```

- Nägime, et saab sobitada literaalide ning alakriipsuga.

Mustrisobitus

- Mustrid võivad sisaldada valvureid ja muutujaid:

```
var sign = 0
var s = ""
StdIn.readChar() match {
  case '+' => sign = 1
  case '-' => sign = -1
  case c if Character.isDigit(c) => s += c
  case _ => sign = 0
}
```

- Mustrid üle ennikute, listide ja **case**-klasside:

```
list match {
  case Nil => 0
  case x :: y :: xs => x + y
}
tuple match {
  case (x, 1) => x
  case (x, y) => x/y
}
```

Mustrisobitus

- Mustrisobitus üle tüüpid:

```
val a : Any = ???  
a match {  
  case x: Int    => x  
  case x: String => x.length  
  case _        => 1  
}
```

- Kuna generikute (v.a. massiivid) tüübid kustutatakse, ei soovitata mustrisobitust üle nende teha.

```
Map(1 -> 'x', 2 -> 'c') match {  
  case x: Map[Int,String] => println(1) // sobitub  
  case _                  => println(2)  
}
```

Mustrisobitus

- Mustrid kasutamine väljaspool **case**-avaldist:

```
val (x, y) = (x, y)
```

```
for ((k,v) <- paarid) ...
```

```
for ((k,v) <- paarid if v != 0) ...
```

Mustrisobitus

- Mustrid kasutamine väljaspool **case**-avaldist:

```
val (x, y) = (x, y)
for ((k,v) <- paarid) ...
for ((k,v) <- paarid if v != 0) ...
```

- Saame ise mustreid luua:

```
object at {
  def unapply(arg: Email): Option[(String, String)] =
    Some(arg.n, arg.h)
}
class Email(val n: String, val h: String)
val mail = new Email("kalmera", "ut.ee")

mail match {
  case n at "ut.ee" => "kohalik"
  case _             => "mujalt"
}
```

Mustrisobitus

- Suvaline arv argumente mustris:

```
object set {  
  def unapplySeq[T](arg: Set[T]): Option[Seq[T]] =  
    Some(arg.toSeq)  
}  
  
val s = Set(1, 2, 3)  
  
s match {  
  case set(x, y, z) => "kolm"  
  case _           => "????"  
}
```

- for-"laused" implementeeritakse foreach-iga, s.t.

```
// for (x <- p) { ... } == p.foreach(x => ... )  
trait MyIterable[+T]{  
  def foreach[U](f: T=>U): Unit  
}
```

- for-"laused" implementeeritakse foreach-iga, s.t.

```
// for (x <- p) { ... } == p.foreach(x => ... )  
trait MyIterable[+T]{  
  def foreach[U](f: T=>U): Unit  
}
```

- Näiteks arvuvahemikud:

```
case class MyRange(begin: Int, end: Int, step: Int = 1)  
  extends MyIterable[Int]  
{  
  override def foreach[U](f: Int => U): Unit = {  
    if (begin <= end) {  
      f(begin)  
      MyRange(begin+step, end, step).foreach(f)  
    }  
  }  
}
```


Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }
```



Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }  
↓ desugar for
```

Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
MyRange(1,2).foreach(println(_))  
  ↓
```

Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
MyRange(1,2).foreach(println(_))  
  ↓ 1<=2
```

Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyRange(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ 1<=2  
println(1); MyRange(1+1,2).foreach(println(_))  
  ↓
```

Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyRange(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ 1<=2  
println(1); MyRange(1+1,2).foreach(println(_))  
  ↓ 1+1<=2
```

Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyRange(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ 1<=2  
  println(1); MyRange(1+1,2).foreach(println(_))  
    ↓ 1+1<=2  
  println(1); println(2); MyRange(2+1,2).foreach(println(_))  
    ↓
```

Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyRange(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ 1<=2  
println(1); MyRange(1+1,2).foreach(println(_))  
  ↓ 1+1<=2  
println(1); println(2); MyRange(2+1,2).foreach(println(_))  
  ↓ 2+1>2
```


Näiteks

```
for (x <- MyRange(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyRange(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ 1<=2  
  println(1); MyRange(1+1,2).foreach(println(_))  
    ↓ 1+1<=2  
println(1); println(2); MyRange(2+1,2).foreach(println(_))  
    ↓ 2+1>2  
  println(1); println(2); ()
```

- Süntaktilise suhkru eemaldamine toimub kogu programmis enne väärtustamise algust.

Implitsiitsed klassid

Tahame täiendada olemasolevat tüüpi mingi meetodiga. Näiteks:

```
5 korda println("Hei!")
```

Implitsiitsed klassid

Tahame täiendada olemasolevat tüüpi mingi meetodiga. Näiteks:

```
5 korda println("Hei!")
```

Seda teeme järgneva klassi deklareerimisega:

```
implicit class IntLisaksKorda(x: Int) {  
  def korda[A](f: => A): Unit = {  
    (0 to x).foreach( _ => f)  
  }  
}
```

Implitsiitsed klassid

Tahame täiendada olemasolevat tüüpi mingi meetodiga. Näiteks:

```
5 korda println("Hei!")
```

Seda teeme järgneva klassi deklareerimisega:

```
implicit class IntLisaksKorda(x: Int) {  
  def korda[A](f: => A): Unit = {  
    (0 to x).foreach( _ => f)  
  }  
}
```

- Meetodi (näites korda) puudumisel pakendatakse väärtus (Int) väärtused implitsiitsesse klassi (IntLisaksKorda).

Implitsiitsed klassid

Tahame täiendada olemasolevat tüüpi mingi meetodiga. Näiteks:

```
5 korda println("Hei!")
```

Seda teeme järgneva klassi deklareerimisega:

```
implicit class IntLisaksKorda(x: Int) {  
  def korda[A](f: => A): Unit = {  
    (0 to x).foreach( _ => f)  
  }  
}
```

- Meetodi (näites korda) puudumisel pakendatakse väärtus (Int) väärtused implitsiitsesse klassi (IntLisaksKorda).
- Implitsiitsedel klassidel on kitsendused:
 - Ei või olla välimises skoobis.
 - Täpselt üks mitte-**implicit** konstruktori argument.
 - Ei tohi olla sama nimega meetodi, välja ega objekti.

Näiteks

```
5 korda println("Hei")
```



Näiteks

```
5 korda println("Hei")  
  ↓ desugar infix
```

Näiteks

```
5 korda println("Hei")  
    ↓ desugar infix  
5.korda(println("Hei"))  
    ↓
```


Näiteks

5 korda println("Hei")

↓ desugar infix

5.korda(println("Hei"))

↓ 5-l pole meetodit korda

Näiteks

5 korda println("Hei")

↓ desugar infix

5.korda(println("Hei"))

↓ 5-l pole meetodit korda

new IntLisaksKorda(5).korda(println("Hei"))

Näiteks

```
5 korda println("Hei")
```

↓ desugar infix

```
5.korda(println("Hei"))
```

↓ 5-l pole meetodit korda

```
new IntLisaksKorda(5).korda(println("Hei"))
```

```
(0 to 5).foreach(_ =>f)
```

↓

Näiteks

```
5 korda println("Hei")  
  ↓ desugar infix  
5.korda(println("Hei"))  
  ↓ 5-l pole meetodit korda  
new IntLisaksKorda(5).korda(println("Hei"))
```

```
(0 to 5).foreach(_ =>f)  
  ↓ desugar infix
```

Näiteks

```
5 korda println("Hei")  
  ↓ desugar infix  
5.korda(println("Hei"))  
  ↓ 5-l pole meetodit korda  
new IntLisaksKorda(5).korda(println("Hei"))
```

```
(0 to 5).foreach(_ =>f)  
  ↓ desugar infix  
(0.to(5)).foreach(_ =>f)  
  ↓
```

Näiteks

```
5 korda println("Hei")  
  ↓ desugar infix  
5.korda(println("Hei"))  
  ↓ 5-l pole meetodit korda  
new IntLisaksKorda(5).korda(println("Hei"))
```

```
(0 to 5).foreach(_ =>f)  
  ↓ desugar infix  
(0.to(5)).foreach(_ =>f)  
  ↓ 0-l pole meetodit to
```

Näiteks

```
5 korda println("Hei")
  ↓ desugar infix
5.korda(println("Hei"))
  ↓ 5-l pole meetodit korda
new IntLisaksKorda(5).korda(println("Hei"))
```

```
(0 to 5).foreach(_ =>f)
  ↓ desugar infix
(0.to(5)).foreach(_ =>f)
  ↓ 0-l pole meetodit to
(RichInt(0).to(n)).foreach(_ =>f)
```

Lihtsustatud näide: arvuvahemike süntaks

```
implicit class Kuniga(i:Int) {  
  def kuni(j: Int): Range = Range(i, j)  
}  
  
implicit class Sammga(r:Range) {  
  def sammuga(j: Int): Range = Range(r.start, r.end, j)  
}  
  
def main(args: Array[String]): Unit = {  
  val v1 = 1 kuni 10  
  val v2 = 1 kuni 10 sammuga 2  
  for (x <- v2)  
    printf("%d_", x)  
  println()  
}
```


Näiteks

1 kuni 10 sammuga 2
↓

Näiteks

1 kuni 10 sammuga 2
↓ desugar infix

Näiteks

```
1 kuni 10 sammuga 2
      ↓ desugar infix
1.kuni(10).sammuga(2)
      ↓
```

Näiteks

1 kuni 10 sammuga 2
↓ desugar infix

1.kuni(10).sammuga(2)
↓ 1-l pole meetodit kuni

Näiteks

```
1 kuni 10 sammuga 2
      ↓ desugar infix
1.kuni(10).sammuga(2)
      ↓ 1-l pole meetodit kuni
new Kuniga(1).kuni(10).sammuga(2)
      ↓
```

Näiteks

```
1 kuni 10 sammuga 2
    ↓ desugar infix
1.kuni(10).sammuga(2)
    ↓ 1-l pole meetodit kuni
new Kuniga(1).kuni(10).sammuga(2)
    ↓ new Kuniga(1).kuni(10) pole meetodit sammuga
```

Näiteks

```
1 kuni 10 sammuga 2
    ↓ desugar infix
1.kuni(10).sammuga(2)
    ↓ 1-l pole meetodit kuni
new Kuniga(1).kuni(10).sammuga(2)
    ↓ new Kuniga(1).kuni(10) pole meetodit sammuga
new Sammuga(new Kuniga(1).kuni(10)).sammuga(2)
```

Lihtsustatud näide: Listid

- Eesmärk:

```
object TestMyList {  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val v = MyList(1, 2, 3, 4)  
    for (x <- v)  
      printf("%d_", x)  
    println()  
  }  
}
```


Lihtsustatud näide: Listid

- Andmestruktuuri definitsioon:

```
sealed abstract class MyList[+T] extends MyIterable[T]
```

```
case object MyNil extends MyList[Nothing] {  
  override def foreach[U](f: Nothing => U): Unit = ()  
}
```

```
case class MyCons[T](head:T, tail: MyList[T]) extends MyList[T]  
{  
  override def foreach[U](f: T => U): Unit = {  
    f(head)  
    tail.foreach(f)  
  }  
}
```

Lihtsustatud näide: Listid

- Andmestruktuuri definitsioon:

```
sealed abstract class MyList[+T] extends MyIterable[T]
```

```
case object MyNil extends MyList[Nothing] {  
  override def foreach[U](f: Nothing => U): Unit = ()  
}
```

```
case class MyCons[T](head:T, tail: MyList[T]) extends MyList[T]  
{  
  override def foreach[U](f: T => U): Unit = {  
    f(head)  
    tail.foreach(f)  
  }  
}
```

- Konstrueerimine kasutab apply meetodit objekti sees

```
object MyList {  
  def apply[T](xs: T*): MyList[T] =  
    xs.foldRight[MyList[T]](MyNil)(MyCons.apply)  
}
```

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }
```



Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }  
↓ desugar for
```

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }
```

↓ desugar for

```
MyList(1,2).foreach(println(_))
```

↓

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }
```

↓ desugar for

```
MyList(1,2).foreach(println(_))
```

↓ MyList.apply implementatsioon

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }
```

↓ desugar for

```
MyList(1,2).foreach(println(_))
```

↓ MyList.apply implementatsioon

```
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))
```

↓

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }
```

↓ desugar for

```
MyList(1,2).foreach(println(_))
```

↓ MyList.apply implementatsioon

```
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))
```

↓ foldRight

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyList(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ MyList.apply implementatsioon  
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))  
  ↓ foldRight  
  ...  
  ↓  
MyCons(1,MyCons(2,MyNil)).foreach(println(_))  
  ↓
```

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyList(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ MyList.apply implementatsioon  
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))  
  ↓ foldRight  
  ...  
  ↓  
  MyCons(1,MyCons(2,MyNil)).foreach(println(_))  
    ↓ MyCons.foreach implementatsioon
```

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyList(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ MyList.apply implementatsioon  
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))  
  ↓ foldRight  
  ...  
  ↓  
  MyCons(1,MyCons(2,MyNil)).foreach(println(_))  
    ↓ MyCons.foreach implementatsioon  
println(1); MyCons(2,MyNil).foreach(println(_))  
  ↓
```

Näiteks

```

for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }
      ↓ desugar for
  MyList(1,2).foreach(println(_))
      ↓ MyList.apply implementatsioon
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))
      ↓ foldRight
      ...
      ↓
  MyCons(1,MyCons(2,MyNil)).foreach(println(_))
      ↓ MyCons.foreach implementatsioon
println(1); MyCons(2,MyNil).foreach(println(_))
      ↓ MyCons.foreach implementatsioon

```

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }
  ↓ desugar for
  MyList(1,2).foreach(println(_))
    ↓ MyList.apply implementatsioon
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))
  ↓ foldRight
  ...
  ↓
  MyCons(1,MyCons(2,MyNil)).foreach(println(_))
    ↓ MyCons.foreach implementatsioon
println(1); MyCons(2,MyNil).foreach(println(_))
  ↓ MyCons.foreach implementatsioon
println(1); println(2); MyNil.foreach(println(_))
  ↓
```

Näiteks

```
for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }  
  ↓ desugar for  
  MyList(1,2).foreach(println(_))  
    ↓ MyList.apply implementatsioon  
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))  
  ↓ foldRight  
  ...  
  ↓  
  MyCons(1,MyCons(2,MyNil)).foreach(println(_))  
    ↓ MyCons.foreach implementatsioon  
  println(1); MyCons(2,MyNil).foreach(println(_))  
    ↓ MyCons.foreach implementatsioon  
  println(1); println(2); MyNil.foreach(println(_))  
    ↓ MyNil.foreach implementatsioon
```

Näiteks

```

for(x <-MyList(1,2)) { println(x) }
    ↓ desugar for
  MyList(1,2).foreach(println(_))
    ↓ MyList.apply implementatsioon
Seq(1,2).foldRight(MyNil)(MyCons(_,_)).foreach(println(_))
    ↓ foldRight
  ...
    ↓
  MyCons(1,MyCons(2,MyNil)).foreach(println(_))
    ↓ MyCons.foreach implementatsioon
println(1); MyCons(2,MyNil).foreach(println(_))
    ↓ MyCons.foreach implementatsioon
println(1); println(2); MyNil.foreach(println(_))
    ↓ MyNil.foreach implementatsioon
println(1); println(2); ()

```

- Eesmärk:

```
object TestMap {  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val m = MyMap(4 -> 'd', 5 -> 'e', 1 -> 'a', 2 -> 'b', 3 -> 'c')  
    m = m.add(6 -> 'a')  
    for((x,y) <- m)  
      printf("%d_->_%c\n", x, y)  
    print(m(2))  
  }  
}
```


- Eesmärk:

```
object TestMap {  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val m = MyMap(4 -> 'd', 5 -> 'e', 1 -> 'a', 2 -> 'b', 3 -> 'c')  
    m = m.add(6 -> 'a')  
    for((x,y) <- m)  
      printf("%d_->_%c\n", x, y)  
    print(m(2))  
  }  
}
```

- Ehk:

```
object TestMap {  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val m = MyMap((4, 'd'), (5, 'e'), (1, 'a'), (2, 'b'), (3, 'c'))  
    m = m.add((6, 'a'))  
    m    .withFilter{ case (x,y) => true; case _ => false }  
        .foreach { case (x, y) => printf("%d_->_%c\n", x, y) }  
    print(m(2))  
  }  
}
```

Lihtsustatud näide: kujutised

```
sealed abstract class MyMap[T, +U] extends MyIterable[(T,U)] {  
  def apply(p: T): U  
  
  // peavalu: miskipärast vaja for ((x,y) <- map) ... jaoks  
  def withFilter(p: ((T,U)) => Boolean): MyMap[T, U]  
}
```

Lihtsustatud näide: kujutised

```
sealed abstract class MyMap[T, +U] extends MyIterable[(T,U)] {  
  def apply(p: T): U
```

```
  // peavalu: miskipärast vaja for ((x,y) <- map) ... jaoks
```

```
  def withFilter(p: ((T,U)) => Boolean): MyMap[T, U]  
}
```

```
case class MyEmptyMap[T]() extends MyMap[T, Nothing] {  
  override def apply(p: T): Nothing = throw new NoSuchElementException  
  override def foreach[U](f: ((T, Nothing)) => U): Unit = ()  
  override def withFilter(p: ((T, Nothing)) => Boolean) = this  
}
```

```
case class MyConsMap[T, +U](left: MyMap[T, U],key: T, v: U,  
  right: MyMap[T, U]) extends MyMap[T, U] {  
  
  override def foreach[V](f: ((T, U)) => V): Unit = {  
    left.foreach(f)  
    f(key,v)  
    right.foreach(f)  
  }  
  
  override def apply(p: T): U = {  
    val ph = p.hashCode()  
    val kh = key.hashCode()  
    if (ph == kh)      v  
    else if (ph < kh) left(p)  
    else              right(p)  
  }  
  
  // pole korrektselt implementeeritud: vaja for  
  // ((x,y) <- map) jaoks, et teha mustrisobitust  
  override def withFilter(p: ((T, U)) => Boolean): MyMap[T, U] = this  
}
```

Konstrueerimine & operatsioonide lisamine

- Konstrueerimine sama nagu listide puhul.
- Operatsioonid teise, näiteks kompanjonobjekti:

```
object MyMap {  
  def apply[T, U](xs: (T,U)*): MyMap[T, U] = {  
    xs.foldLeft[MyMap[T,U]](MyEmptyMap())(add)  
  }  
  
  def add[T, U](m: MyMap[T,U], x: (T, U)): MyMap[T, U] = {  
    ...  
  }  
}
```

Operatsioonide lisamine

- Soov on operatsioonid panna andmestruktuuri objekti:

```
sealed abstract class MyMap[T, U] extends MyIterable[(T,U)] {  
  ...  
  def add(x: (T, U)): MyMap[T, U]  
}
```

- Probleem: U pole enam kovariantne

Operatsioonide lisamine

- Soov on operatsioonid panna andmestruktuuri objekti:

```
sealed abstract class MyMap[T, U] extends MyIterable[(T,U)] {  
  ...  
  def add(x: (T, U)): MyMap[T, U]  
}
```

- Problem: U pole enam kovariantne

- Trikk:

```
sealed abstract class MyMap[T, +U] extends MyIterable[(T,U)] {  
  ...  
  def add[V >: U](x: (T, V)): MyMap[T, V]  
}
```

Lihtsustatud näide: kujutised

```
case class MyConsMap[T, +U]
...

override def add[V >: U](x: (T, V)): MyMap[T, V] = {
  val ph = x._1.hashCode()
  val kh = key.hashCode()
  if (ph == kh)
    MyConsMap(left, x._1, x._2, right)
  else if (ph < kh)
    MyConsMap(left.add(x), key, v, right)
  else
    MyConsMap(left, key, v, right.add(x))
}
```


Scala 2.7 (ja varem)

- Soov on operatsioonid tõsta klassihierarhias kõrgemale:

```
trait scala.Iterable[A] {  
  // üks abstraktne meetod  
  def elements: Iterator[A]  
  
  // palju konkreetseid meetode  
  def isEmpty: Boolean = ...  
  def map[B](f: A => B): Iterable[B] = ...  
  def dropWhile(p: A => Boolean): Iterable[A] = ...  
}
```

- Täpsed tüübid lähevad kaduma:
 - `List(...).map(...): Iterable`
 - `HashSet(...).dropWhile(...): Iterable`
 - `TreeSet(...).map(...): Iterable`

Scala 2.8 kuni 2.12

- Kasutame implitsiitseid argumente:

```
trait MyCanBuildFrom[-From, -Elem, +To] {  
  def apply(): MyBuilder[Elem, To]  
}  
trait MyBuilder[-Elem, +To] {  
  def +=(elem: Elem): MyBuilder.this.type  
  def clear(): Unit  
  def result(): To  
}
```

Scala 2.8 kuni 2.12

- Kasutame implitsiitseid argumente:

```
trait MyCanBuildFrom[-From, -Elem, +To] {  
  def apply(): MyBuilder[Elem, To]  
}
```

```
trait MyBuilder[-Elem, +To] {  
  def +=(elem: Elem): MyBuilder.this.type  
  def clear(): Unit  
  def result(): To  
}
```

```
trait MyIterable[+A, CC[_], +C] {  
  def map[B, That](f: A => B)  
    (implicit bf: MyCanBuildFrom[MyIterable[A], B, That]): That  
  val b = bf()  
  for (x <- this)  
    b += f(x)  
  b.result  
}  
...  
}
```

Implitsiitsed parameetrid

Kuidas saab kirjutada:

```
val x1 = List(1,2,3).max
val x2 = List("aabits", "zorro").max
val x3 = List(false, true).max
```

Kui listidel (`List[+A]`) on meetod:

```
def max[B >: A](implicit cmp: Ordering[B]): A = ...
```

Järjestus on enam-vähem selline:

```
trait Ordering[A] { def compare(x: T, y: T): Int }
```

Kuskil on defineeritud:

```
implicit object A extends Ordering[Int] { ... }
implicit object B extends Ordering[Boolean] { ... }
implicit object C extends Ordering[String] { ... } //leks. järjestus
```

Scala 2.8 kuni 2.12

- Kasutame implitsiitseid argumente:

```
// Kuskil defineeritud:
```

```
implicit def cbfm[C,A,B]: MyCanBuildFrom[C, (A,B), MyMap[A,B]] = ...
```

```
implicit def cbfl[U]: MyCanBuildFrom[MyList[_], U, MyList[U]] = ...
```

```
implicit def cbfs: MyCanBuildFrom[MyList[_], Char, String] = ...
```

```
// Meie koodis:
```

```
val x : MyList[Int] = MyList(1,2,3,4)
```

```
val z : MyList[Char] = x.map(_.toChar)
```

```
val z : String = x.map(x => (x + 'a').toInt).toChar)
```

```
val q : MyMap[Int, Char] = x.map(x => x -> (x+'a').toInt).toChar)
```

Scala 2.8 kuni 2.12

- Kasutame implitsiitseid argumente:

```
// Kuskil defineeritud:
```

```
implicit def cbfm[C,A,B]: MyCanBuildFrom[C, (A,B), MyMap[A,B]] = ...
```

```
implicit def cbfl[U]: MyCanBuildFrom[MyList[_], U, MyList[U]] = ...
```

```
implicit def cbfs: MyCanBuildFrom[MyList[_], Char, String] = ...
```

```
// Meie koodis:
```

```
val x : MyList[Int] = MyList(1,2,3,4)
```

```
val z : MyList[Char] = x.map(_.toChar)
```

```
val z : String = x.map(x => (x + 'a'.toInt).toChar)
```

```
val q : MyMap[Int, Char] = x.map(x => x -> (x+'a'.toInt).toChar)
```

- Ülipaindlik
- Veateated kohutavad, map tüüp kohutav
- Väga keeruline ja suur süsteem!

Kolleksioonid Scalas oli suur süsteem!

```
trait GenTraversableOnce[+A] extends Any
```

```
trait TraversableOnce[+A] extends Any with GenTraversableOnce[A]
```

```
trait GenIterable[+A] extends GenIterableLike[A, GenIterable[A]]  
  with GenTraversable[A] with GenericTraversableTemplate[A, GenIterable]
```

```
trait GenericTraversableTemplate[+A, +CC[X] <: GenTraversable[X]]  
  extends HasNewBuilder[A, CC[A]] @uncheckedVariance
```

```
trait GenIterableLike[+A, +Repr] extends Any  
  with GenTraversableLike[A, Repr]
```

```
trait GenTraversableLike[+A, +Repr] extends Any  
  with GenTraversableOnce[A] with Parallelizable[A, ParIterable[A]]
```

```
trait TraversableOnce[+A] extends Any with GenTraversableOnce[A]
```

Väga keeruline ja suur süsteem!

```
trait TraversableLike[+A, +Repr] extends Any with HasNewBuilder[A, Repr]  
  with FilterMonadic[A, Repr] with TraversableOnce[A]  
  with GenTraversableLike[A, Repr] with Parallelizable[A, ParIterable[A]]
```

```
trait Traversable[+A] extends TraversableLike[A, Traversable[A]]  
  with GenTraversable[A] with TraversableOnce[A]  
  with GenericTraversableTemplate[A, Traversable]
```

```
trait IterableLike[+A, +Repr] extends Any with Equals  
  with TraversableLike[A, Repr] with GenIterableLike[A, Repr]
```

```
trait Iterable[+A] extends Traversable[A] with GenIterable[A]  
  with GenericTraversableTemplate[A, Iterable]  
  with IterableLike[A, Iterable[A]]
```


Uued Scala kollektsioonid (2.13)

- Aluseks võetud iteraatorid:

```
trait IterableOnce[+A] extends Any {  
  def iterator(): Iterator[A]  
}
```

```
trait Iterator[+A] extends IterableOnce[A] {  
  // abstraktsed meetodid  
  def hasNext: Boolean  
  def next(): A  
  
  def iterator() = this  
  
  // konkreetseid meetodid  
  def dropWhile(p: A => Boolean): Iterator[A] = ...  
  ...  
}
```

Uued Scala kolleksioonid (2.13)

- Kasutab kõrgemat järku tüübimuutujaid:

```
trait IterableOps[+A, +CC[_], +C] extends Any {
  protected[this] def coll: Iterable[A]

  def iterableFactory: IterableFactory[CC]
  protected[this] def fromSpecificIterable(coll: Iterable[A]): C
  protected[this] def newSpecificBuilder(): Builder[A, C]

  // konkreetsed meetodid
  def size: Int =
    if (knownSize >= 0) knownSize else coll.iterator().length

  def dropWhile(p: A => Boolean): C =
    fromSpecificIterable(View.DropWhile(coll, p))

  def map[B](f: A => B): CC[B] =
    iterableFactory.fromIterable(View.Map(coll, f))
}
```

Uued Scala kollektsioonid (2.13)

- Lihtsustatud näide:

```
trait MyIterableOps[+A, +CC[_], +C] extends MyIterable[A] {
  def ++[B >: A](suffix: MyIterable[B]): CC[B]
  def map[B](f: A => B): CC[B]
  def filter(p: A => Boolean): C
}
sealed abstract class MyList[+T]
  extends MyIterableOps[T, MyList, MyList[T]]
{
  // def ++[B >: T](suffix: MyIterable[B]): MyList[B]
  // def map[B](f: T => B): MyList[B]
  // def filter(p: T => Boolean): MyList[T]
  ...
}
```

Uued Scala kollektsioonid (2.13)

- Kasutab ära ülelaadimist

```
trait SortedSet[A] extends Set[A]  
  with SortedSetOps[A, SortedSet, SortedSet[A]]
```

```
trait SortedSetOps[A, +CC[X] <: SortedSet[X], +C <: SortedSet[A]]  
  extends SetOps[A, Set, C] with SortedOps[A, C]  
{  
  ...  
}
```

Uued Scala kollektsioonid (2.13)

- Kasutab ära ülelaadimist

```
trait SortedSet[A] extends Set[A]  
  with SortedSetOps[A, SortedSet, SortedSet[A]]
```

```
trait SortedSetOps[A, +CC[X] <: SortedSet[X], +C <: SortedSet[A]]  
  extends SetOps[A, Set, C] with SortedOps[A, C]  
{  
  ...  
}
```

- SortedSet[A]-l on kaks map-i

```
def map[B](f: A => B): Set[B]  
def map[B : Ordering](f: A => B): SortedSet[B]
```

Uued Scala kollektsioonid (2.13)

- BitSet-id:

```
trait BitSet extends SortedSet[Int] with BitSetOps[BitSet]
```

```
trait BitSetOps[+C <: BitSet with BitSetOps[C]]  
  extends SortedSetOps[Int, SortedSet, C]  
{  
  def map(f: Int => Int): C = ...  
  ...  
}
```

- BitSet-il on need map-id

```
def map[B](f: Int => B): Set[B]  
def map[B : Ordering](f: Int => B): SortedSet[B]  
def map(f: Int => Int): BitSet
```

Eelnev definitsioon pole Scala 2.11-s mugavalt kasutatav:

```
scala> BitSet(1,3,5).map(_ + 1)
<console>:13: error: missing parameter type for
    expanded function ((x) => x.plus(1))
```

Tüübituletus versioonis 2.11:

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jääb mitu alternatiivi

Eelnev definitsioon pole Scala 2.11-s mugavalt kasutatav:

```
scala> BitSet(1,3,5).map(_ + 1)
<console>:13: error: missing parameter type for
    expanded function ((x) => x.plus(1))
```

Tüübituletus versioonis 2.11:

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jääb mitu alternatiivi
- 2 Üritame leida argumendi tüüpi:

Eelnev definitsioon pole Scala 2.11-s mugavalt kasutatav:

```
scala> BitSet(1,3,5).map(_ + 1)
<console>:13: error: missing parameter type for
    expanded function ((x) => x.plus(1))
```

Tüübituletus versioonis 2.11:

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jääb mitu alternatiivi
- 2 Üritame leida argumendi tüüpi:
 - Lambda `_ + 1` on ilma oodatava tüübita.

Eelnev definitsioon pole Scala 2.11-s mugavalt kasutatav:

```
scala> BitSet(1,3,5).map(_ + 1)
<console>:13: error: missing parameter type for
    expanded function ((x) => x.plus(1))
```

Tüübituletus versioonis 2.11:

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jääb mitu alternatiivi
- 2 Üritame leida argumendi tüüpi:
 - Lambda `_ + 1` on ilma oodatava tüübita.
 - Ei oska tüüpi leida, kuna liitmine võib olla defineeritud mitmel tüübil.

Keeleuendused ≥ 2.12

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jäävad kaks alternatiivi

`(Function1[Int, B]): SortedSet[B]`

`(Function1[Int, Int]): BitSet`

Keeleuendused ≥ 2.12

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jäävad kaks alternatiivi

`(Function1[Int, B]): SortedSet[B]`

`(Function1[Int, Int]): BitSet`

- 2 Unifitseerime alternatiivide tüübid:

`(Function1[Int, ?]): ?`

Keeleuendused ≥ 2.12

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jäävad kaks alternatiivi

```
(Function1[Int, B]): SortedSet[B]
```

```
(Function1[Int, Int]): BitSet
```

- 2 Unifitseerime alternatiivide tüübid:

```
(Function1[Int, ?]): ?
```

- 3 Leiame argumendi tüübi, kasutades meetodite unifitseeritud tüüpi:

Keeleuendused ≥ 2.12

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jäävad kaks alternatiivi

`(Function1[Int, B]): SortedSet[B]`

`(Function1[Int, Int]): BitSet`

- 2 Unifitseerime alternatiivide tüübid:

`(Function1[Int, ?]): ?`

- 3 Leiame argumenti tüübi, kasutades meetodite unifitseeritud tüüpi:

- `_ + 1` tüübitakse oodatava tüübiga `Function1[Int, ?]`

Keeleuendused ≥ 2.12

- 1 Püüame leida meetodi tüübi kuju järgi: jäävad kaks alternatiivi

```
(Function1[Int, B]): SortedSet[B]
```

```
(Function1[Int, Int]): BitSet
```

- 2 Unifitseerime alternatiivide tüübid:

```
(Function1[Int, ?]): ?
```

- 3 Leiame argumenti tüübi, kasutades meetodite unifitseeritud tüüpi:

- `_ + 1` tüübitakse oodatava tüübiga `Function1[Int, ?]`
- See õnnestub tüübiga `Function1[Int, Int]`

Keeleuendused ≥ 2.12

- 1 Püüame leida meetodi tüüpi kuju järgi: jäävad kaks alternatiivi

`(Function1[Int, B]): SortedSet[B]`

`(Function1[Int, Int]): BitSet`

- 2 Unifitseerime alternatiivide tüübid:

`(Function1[Int, ?]): ?`

- 3 Leiame argumenti tüüpi, kasutades meetodite unifitseeritud tüüpi:

- `_ + 1` tüübitakse oodatava tüübiga `Function1[Int, ?]`
- See õnnestub tüübiga `Function1[Int, Int]`

- 4 Tüübitakse alternatiivid, kasutades argumenti tüüpi. Sobib

`(Function1[Int, Int]): BitSet`

Mitme operatsiooni tegemine

- Tehes

```
List(1,2,3,4).filter(f).map(g)
```

tekitatakse iga operatsiooni järel uus list.

- Vahetulemust ei genereeri:

```
for (x <- List(1,2,3,4) if f(x)) yield g(x)
```

ehk

```
List(1,2,3,4).withFilter(f).map(g)
```

WithFilter

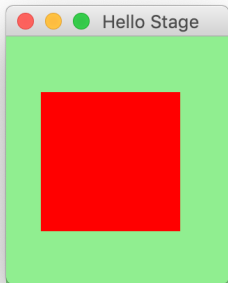
```
abstract class WithFilter[+A, +CC[_]] {  
  def map[B](f: A => B): CC[B]  
  def flatMap[B](f: A => MyIterable[B]): CC[B]  
  def foreach[U](f: A => U): Unit  
  def withFilter(q: A => Boolean): WithFilter[A, CC]  
}
```

```
trait IterableOps[+A, +CC[_], +C] extends Any {  
  ...  
  def withFilter(q: A => Boolean): WithFilter[A, CC]  
}
```

- Sama eesmärgiga on ka vaated (View).
 - parem implementatsioon 2.13-s

ScalaFX

```
object HelloStageDemo extends JFXApp {  
  stage = new PrimaryStage {  
    title = "Hello_Stage"  
    width = 160  
    height = 200  
    scene = new Scene {  
      fill = LightGreen  
      content = new Rectangle {  
        x = 25  
        y = 40  
        width = 100  
        height = 100  
        fill = Red  
      }  
    }  
  }  
}
```



- build.sbt-sse lisada:

```
libraryDependencies += "org.scalafx" %% "scalafx" % "12.0.2-R18"

// Determine OS version of JavaFX binaries
lazy val osName = System.getProperty("os.name") match {
  case n if n.startsWith("Linux") => "linux"
  case n if n.startsWith("Mac") => "mac"
  case n if n.startsWith("Windows") => "win"
  case _ => throw new Exception("Unknown_platform!")
}

// Add dependency on JavaFX libraries, OS dependent
lazy val javaFXModules = Seq("base", "controls", "fxml",
                             "graphics", "media", "swing", "web")
libraryDependencies += javaFXModules.map( m =>
  "org.openjfx" % s"javafx-$m" % "12.0.2" classifier osName
)
```

- Programm laiendab JFXApp trait-i.

- Programm laiendab JFXApp trait-i.
- Kood kirjutada konstruktorisse, mitte main-i v.m.s.

- Programm laiendab JFXApp trait-i.
- Kood kirjutada konstruktorisse, mitte main-i v.m.s.
- Kasutab `x_(...)` meetodeid, näiteks

```
title = "Hello_Stage" ==> title_=("Hello_Stage")
```

Arhitektuur

- Stage – Aken ise

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element
 - Text

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element
 - Text
 - Shape (Line, Rectangle, . . .)

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element
 - Text
 - Shape (Line, Rectangle, . . .)
 - Chart (Bar, Pie, Line, Area, Bubble, Scatter)

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element
 - Text
 - Shape (Line, Rectangle, . . .)
 - Chart (Bar, Pie, Line, Area, Bubble, Scatter)
 - Pane (VBox, HBox, StackPane, TilePane, GridPane . . .)

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element
 - Text
 - Shape (Line, Rectangle, . . .)
 - Chart (Bar, Pie, Line, Area, Bubble, Scatter)
 - Pane (VBox, HBox, StackPane, TilePane, GridPane . . .)
 - Control (Button, Label, TreeView, TextArea . . .)

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element
 - Text
 - Shape (Line, Rectangle, . . .)
 - Chart (Bar, Pie, Line, Area, Bubble, Scatter)
 - Pane (VBox, HBox, StackPane, TilePane, GridPane . . .)
 - Control (Button, Label, TreeView, TextArea . . .)
 - Canvas

Arhitektuur

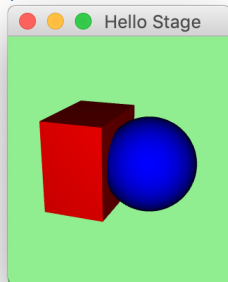
- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element
 - Text
 - Shape (Line, Rectangle, . . .)
 - Chart (Bar, Pie, Line, Area, Bubble, Scatter)
 - Pane (VBox, HBox, StackPane, TilePane, GridPane . . .)
 - Control (Button, Label, TreeView, TextArea . . .)
 - Canvas
 - ImageView

Arhitektuur

- Stage – Aken ise
- Scene – Akna sisu
- Node – Akna element
 - Text
 - Shape (Line, Rectangle, . . .)
 - Chart (Bar, Pie, Line, Area, Bubble, Scatter)
 - Pane (VBox, HBox, StackPane, TilePane, GridPane . . .)
 - Control (Button, Label, TreeView, TextArea . . .)
 - Canvas
 - ImageView
 - WebView

Shape3d

```
content = Seq(  
  new Box() {  
    transforms = Seq(new Translate(-1, 0, 0))  
    material = new PhongMaterial(Color.Red)  
    height = 3; width = 2; depth = 3  
  },  
  new Sphere() {  
    radius = 1.5  
    transforms =  
      Seq(new Translate(1, 0, 0))  
    material =  
      new PhongMaterial(Color.Blue)  
  }  
)
```



```
camera = new PerspectiveCamera(true) {  
  transforms =  
    Seq(new Rotate(-20, Rotate.YAxis), new Rotate(-20, Rotate.XAxis),  
      new Translate(0, 0, -15))  
}
```

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - `if` (tingimus) then tee_midagi()

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - **if** (tingimus) then tee_midagi()
 - + sobiv, kui küsitleda harva

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - **if** (tingimus) then tee_midagi()
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - **if** (tingimus) then tee_midagi()
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid
- Sündmus

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - **if** (tingimus) then tee_midagi()
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid
- Sündmus
 - **override def** onEvent(...) { ... }

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - **if** (tingimus) then tee_midagi()
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid
- Sündmus
 - **override def** onEvent(...) { ... }
 - handlers += { ... }

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - **if** (tingimus) then tee_midagi()
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - **override def** onEvent(...) { ... }
 - handlers += { ... }
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - **if** (tingimus) then tee_midagi()
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid
- Sündmus
 - **override def** onEvent(...) { ... }
 - handlers += { ... }
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus

- **if** (tingimus) then tee_midagi()
- + sobiv, kui küsitleda harva
- ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus

- **override def** onEvent(...) { ... }
- handlers += { ... }
- *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
- + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
- tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - **if** (tingimus) then tee_midagi()
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - **override def** onEvent(...) { ... }
 - handlers += { ... }
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

- Functional Reactive Programming (FRP)

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - `if` (tingimus) then `tee_midagi()`
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - `override def onEvent(...) { ... }`
 - `handlers += { ... }`
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

- Functional Reactive Programming (FRP)
 - `area <== base * height / 2`

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - `if` (tingimus) then `tee_midagi()`
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - `override def onEvent(...) { ... }`
 - `handlers += { ... }`
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

- Functional Reactive Programming (FRP)
 - `area <== base * height / 2`
 - `prop <== when(cond) choose(value1) otherwise(value2)`

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - `if` (tingimus) then `tee_midagi()`
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - `override def` `onEvent(...)` { ... }
 - `handlers += { ... }`
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

- Functional Reactive Programming (FRP)
 - `area <== base * height / 2`
 - `prop <== when(cond) choose(value1) otherwise(value2)`
 - FRP: registreerin B juurde seose, et ta võtaks väärtuse A-st.

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - `if` (tingimus) then `tee_midagi()`
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - `override def onEvent(...)` { ... }
 - `handlers += { ... }`
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

- Functional Reactive Programming (FRP)
 - `area <== base * height / 2`
 - `prop <== when(cond) choose(value1) otherwise(value2)`
 - FRP: registreerin B juurde seose, et ta võtaks väärtuse A-st.

 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - `if` (tingimus) then `tee_midagi()`
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - `override def onEvent(...)` { ... }
 - `handlers += { ... }`
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

- Functional Reactive Programming (FRP)
 - `area <== base * height / 2`
 - `prop <== when(cond) choose(value1) otherwise(value2)`
 - FRP: registreerin B juurde seose, et ta võtaks väärtuse A-st.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - + sobiv lihtsate tingimuste jaoks

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

- Küsitlus
 - `if` (tingimus) then `tee_midagi()`
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - `override def onEvent(...)` { ... }
 - `handlers += { ... }`
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

- Functional Reactive Programming (FRP)
 - `area <== base * height / 2`
 - `prop <== when(cond) choose(value1) otherwise(value2)`
 - FRP: registreerin B juurde seose, et ta võtaks väärtuse A-st.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - + sobiv lihtsate tingimuste jaoks
 - + pole vaja *handlereid* eemaldada

Kõrvalepõige: suhtlus kasutajaga

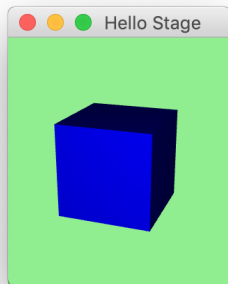
- Küsitlus
 - `if` (tingimus) then `tee_midagi()`
 - + sobiv, kui küsitleda harva
 - ei sobi, kui vaja kiiresti reageerid

- Sündmus
 - `override def` `onEvent(...)` { ... }
 - handlers `+=`{ ... }
 - *Observer pattern*: registreerin vaatleja muutuva väärtuse A juurde, mis muudab väärtust B.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - tihti unustatakse *handlerite* eemaldamine

- Functional Reactive Programming (FRP)
 - `area <== base * height / 2`
 - `prop <== when(cond) choose(value1) otherwise(value2)`
 - FRP: registreerin B juurde seose, et ta võtaks väärtuse A-st.
 - + sobiv, kui vaja kiiresti reageerida
 - + sobiv lihtsate tingimuste jaoks
 - + pole vaja *handlereid* eemaldada
 - ei sobi tsükliliste sõltuvuste korral

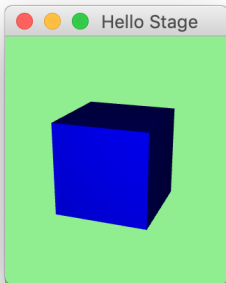
Events

```
content =  
  new Box() {  
    material =  
      new PhongMaterial(Color.Red)  
    onMouseClicked = { _ =>  
      material =  
        new PhongMaterial(Color.Blue)  
    }  
    height = 3  
    width = 3  
    depth = 3  
  }
```



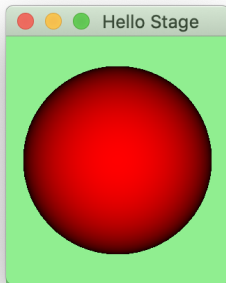
Property

```
content =  
  new Box() {  
    material <==  
      (when(hover)  
        choose new PhongMaterial(Color.Red)  
        otherwise new PhongMaterial(Color.Blue))  
  
    height = 3; width = 3; depth = 3  
  }
```



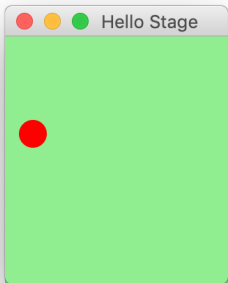
Animatsioonid

```
content =  
  new Sphere() {  
    material = new PhongMaterial(Color.Red)  
    radius = 3  
    onMouseClicked = { _ =>  
      Timeline(at(3 s){radius -> 1}).play()  
    }  
  }
```



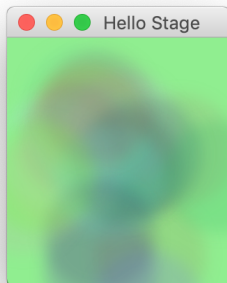
Animatsioonid 2

```
scene = new Scene {  
    fill = LightGreen  
  
    private val c = new Circle {  
        centerX = 20  
        centerY = 70  
        radius = 10  
        fill = Red  
    }  
  
    content = c  
  
    onMouseClicked = { _ =>  
        Timeline(at(0.5 s){c.centerY -> (height.value - 5)}).play()  
    }  
}
```



Animatsioonid 4

```
val cs = for (i <- 0 to 20) yield new Circle {
  centerX = random * 160
  centerY = random * 200
  radius = 40
  fill = color(random, random, random, 0.2)
  effect = new BoxBlur(10,10,3)
  onMouseClicked = handle {
    Timeline(at(3 s) {radius -> 0}).play()
  }
}
new Timeline{
  cycleCount = Timeline.Indefinite
  autoReverse = true
  keyFrames = for (c <- cs) yield at(20 s) {
    Set[KeyValue[_, _ <: Object]](
      c.centerX -> random * 160,
      c.centerY -> random * 200)}
}.play()
```



DelayedInit

Klassid ja objektid, mis pärivad DelayedInit, muudetakse nii:

code \implies delayedInit(code). S.t

```
trait C1 extends DelayedInit {
  println("C1_initsialiseerimine")
  def delayedInit(body: => Unit): Unit = {
    println("enne_C2_initsialiseerimist")
    body      // C2 initsialiseerimine
    println("peale_C2_initsialiseerimist")
  }
}
```

```
class C2 extends C1 {
  println("C2_initsialiseerimine")
}
```

```
object Test {
  def main(args: Array[String]): Unit = {
    val c = new C2
  }
}
```

App

DelayedInit kasutatakse ka trait-i App poolt.

```
trait App extends DelayedInit { // mõned detailid eemaldatud
  private val initCode = new ListBuffer[() => Unit]

  override def delayedInit(body: => Unit) {
    initCode += (() => body)
  }

  def main(args: Array[String]) = {
    for (proc <- initCode) proc()
  }
}

object Test extends App {
  val c = new C
}
```

Property

- Erinevad tüüpi omadused: BooleanProperty, DoubleProperty, FloatProperty, IntegerProperty, LongProperty, StringProperty ja ObjectProperty.

- Saab ka ise teha:

```
val speed1 = DoubleProperty(55)
```

```
val speed2 = new DoubleProperty(this, "speed2", 55)
```

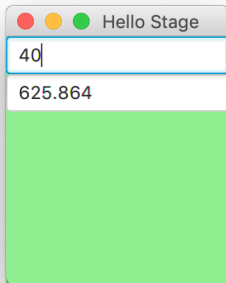
- Seotud sündmuste käsitlemisega:

```
prop.onChange { (source, oldValue, newValue) => doSomething() }
```

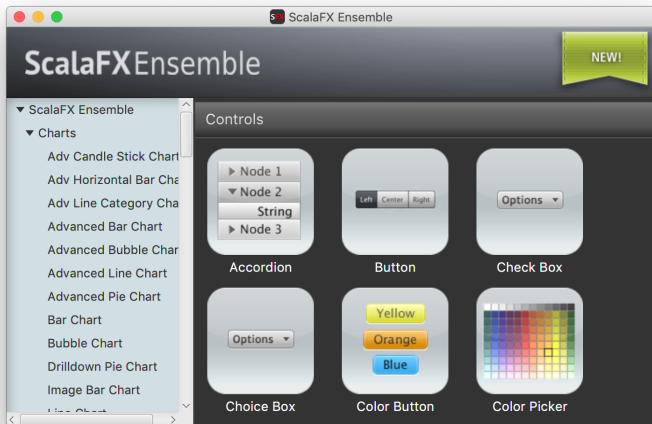
- Saab omavahel ühendada: $a <== b$, $a <==> b$

Omadused 2

```
scene = new Scene {  
    val iF = new TextField(){  
        maxWidth = 160  
        text = "1"  
    }  
  
    val input1 = createIntegerBinding(  
        () => Try(iF.text.value.toInt).getOrElse(0),  
        iF.text)  
  
    val outputText = new TextField(){  
        maxWidth = 160  
        text <== (input1 * 15.6466).asString()  
    }  
  
    content = new VBox(iF, outputText)  
}
```



ScalaFX - Ensemble



Mitmelõimelisus

- Igal klassil (monitoril) on järgnevad meetodid:

```
def synchronized[A] (e: => A): A
def wait()
def wait(msec: Long)
def notify()
def notifyAll()
```

- Synchronized argument täidetakse teisi lõimi välistavalt: kaks lõime ei saa samaaegselt täita sama monitori *synchronized* koodi.
- Enamasti oodatakse mingi tingimuse C täitumist:

```
while (!C) wait()
```


Näide: BoundedBuffer

```
class BoundedBuffer[A](N: Int) {  
  var in = 0, out = 0, n = 0  
  val elems = new Array[A](N)  
  
  def put(x: A) = synchronized {  
    while (n >= N) wait()  
    elems(in) = x ; in = (in + 1) % N ; n = n + 1  
    if (n == 1) notifyAll()  
  }  
  
  def get: A = synchronized {  
    while (n == 0) wait()  
    val x = elems(out) ; out = (out + 1) % N ; n = n - 1  
    if (n == N - 1) notifyAll()  
    x  
  }  
}
```

Näide: BoundedBuffer

- BoundedBuffer kasutamine

```
import scala.concurrent.ops._  
...  
val buf = new BoundedBuffer[String](10)  
spawn { while (true) { val s = produceString ; buf.put(s) } }  
spawn { while (true) { val s = buf.get ; consumeString(s) } } }
```

Näide: BoundedBuffer

- BoundedBuffer kasutamine

```
import scala.concurrent.ops._  
...  
val buf = new BoundedBuffer[String](10)  
spawn { while (true) { val s = produceString ; buf.put(s) } }  
spawn { while (true) { val s = buf.get ; consumeString(s) } } }
```

- Spawn definitioon

```
def spawn(p: => Unit) {  
  val t = new Thread() { override def run() = p } t.start()  
}
```

Sünkroniseeritud muutujad: SyncVar

```
class SyncVar[A] {  
  var isDefined: Boolean = false  
  var value: A = _  
  
  def get = synchronized {  
    while (!isDefined) wait()  
    value  
  }  
  
  def set(x: A) = synchronized {  
    value = x; isDefined = true; notifyAll()  
  }  
  
  def isSet: Boolean = synchronized {  
    isDefined  
  }  
  def unset = synchronized {  
    isDefined = false  
  }  
}
```

Tulevikuväärtused: future

- Väärtus, mida arvutatakse teises lõimes.

```
import scala.concurrent.ops._  
...  
val x = future(pikk_arvutus)  
teine_pikk_arvutus  
val y = f(x()) + g(x())
```

- future on defineeritud nii:

```
def future[A](p: => A): Unit => A = {  
  val result = new SyncVar[A]  
  fork { result.set(p) }  
  (() => result.get)  
}
```

Mitmelõimelisus

- Paketis `scala.concurrent` veel võimalusi: `Promise`, `Channel`, `Lock` jne.
- Keerukust aitab vähendada sobivama arvutusmudeli valimine: `Actorid`.
 - Sõnumite edastamisel põhinev mudel.
 - Aktorid reageerivad sissetulevale sõnumile, seejärel võivad teha kohalikke arvutusi ja omakorda saata sõnumeid.
 - Hea implementatsioon: `Akka`
 - Aktoreid saab viia ka teise arvutisse.

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.
- Aktor töötleb sõnumeid järjest:

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.
- Aktor töötleb sõnumeid järjest:
 - teeb kohalikke arvutusi ja

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.
- Aktor töötleb sõnumeid järjest:
 - teeb kohalikke arvutusi ja
 - saadab sõnumeid teistele aktoritele.

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.
- Aktor töötleb sõnumeid järjest:
 - teeb kohalikke arvutusi ja
 - saadab sõnumeid teistele aktoritele.

Eelised teiste mudelite ees (reklaam):

- Kergekaaluline mudel.

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.
- Aktor töötleb sõnumeid järjest:
 - teeb kohalikke arvutusi ja
 - saadab sõnumeid teistele aktoritele.

Eelised teiste mudelite ees (reklaam):

- Kergekaaluline mudel.
- Koodi struktureerimisel üks kindel viis.

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.
- Aktor töötleb sõnumeid järjest:
 - teeb kohalikke arvutusi ja
 - saadab sõnumeid teistele aktoritele.

Eelised teiste mudelite ees (reklaam):

- Kergekaaluline mudel.
- Koodi struktureerimisel üks kindel viis.
- Aktorid saab paigutada hajusalt.

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.
- Aktor töötleb sõnumeid järjest:
 - teeb kohalikke arvutusi ja
 - saadab sõnumeid teistele aktoritele.

Eelised teiste mudelite ees (reklaam):

- Kergekaaluline mudel.
- Koodi struktureerimisel üks kindel viis.
- Aktorid saab paigutada hajusalt.
- Aktorid saavad töötada paralleelselt.

Akka

Aktoritel põhinev arvutusmudel:

- Programm on hulk aktoreid.
- Aktorile saab saata sõnumeid.
- Aktor töötleb sõnumeid järjest:
 - teeb kohalikke arvutusi ja
 - saadab sõnumeid teistele aktoritele.

Eelised teiste mudelite ees (reklaam):

- Kergekaaluline mudel.
- Koodi struktureerimisel üks kindel viis.
- Aktorid saab paigutada hajusalt.
- Aktorid saavad töötada paralleelselt.

Tegelikult:

- Sobib, kui vaja kiiresti reageerida reaajas tekkivatele signaalidele.

Kasutusjuhud veebilehelt

- Transaction processing (Online Gaming, Finance/Banking, Trading, Statistics, Betting, Social Media, Telecom)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA

Kasutusjuhud veebilehelt

- Transaction processing (Online Gaming, Finance/Banking, Trading, Statistics, Betting, Social Media, Telecom)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Service backend (any industry, any app)
 - Service REST, SOAP, Cometd, WebSockets etc Act as message hub / integration layer Scale up, scale out, fault-tolerance / HA

Kasutusjuhud veebilehelt

- Transaction processing (Online Gaming, Finance/Banking, Trading, Statistics, Betting, Social Media, Telecom)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Service backend (any industry, any app)
 - Service REST, SOAP, Cometd, WebSockets etc Act as message hub / integration layer Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Concurrency/parallelism (any app)
 - Correct Simple to work with and understand Just add the jars to your existing JVM project (use Scala, Java, Groovy or JRuby)

Kasutusjuhud veebilehelt

- Transaction processing (Online Gaming, Finance/Banking, Trading, Statistics, Betting, Social Media, Telecom)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Service backend (any industry, any app)
 - Service REST, SOAP, Cometd, WebSockets etc Act as message hub / integration layer Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Concurrency/parallelism (any app)
 - Correct Simple to work with and understand Just add the jars to your existing JVM project (use Scala, Java, Groovy or JRuby)
- Simulation
 - Master/Worker, Compute Grid, MapReduce etc.

Kasutusjuhud veebilehelt (cont.)

- Batch processing (any industry)
 - Camel integration to hook up with batch data sources Actors divide and conquer the batch workloads

Kasutusjuhud veebilehelt (cont.)

- Batch processing (any industry)
 - Camel integration to hook up with batch data sources Actors divide and conquer the batch workloads
- Communications Hub (Telecom, Web media, Mobile media)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA

Kasutusjuhud veebilehelt (cont.)

- Batch processing (any industry)
 - Camel integration to hook up with batch data sources Actors divide and conquer the batch workloads
- Communications Hub (Telecom, Web media, Mobile media)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Gaming and Betting (MOM, online gaming, betting)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA

Kasutusjuhud veebilehelt (cont.)

- Batch processing (any industry)
 - Camel integration to hook up with batch data sources Actors divide and conquer the batch workloads
- Communications Hub (Telecom, Web media, Mobile media)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Gaming and Betting (MOM, online gaming, betting)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Business Intelligence/Data Mining/general purpose crunching
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA

Kasutusjuhud veebilehelt (cont.)

- Batch processing (any industry)
 - Camel integration to hook up with batch data sources Actors divide and conquer the batch workloads
- Communications Hub (Telecom, Web media, Mobile media)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Gaming and Betting (MOM, online gaming, betting)
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Business Intelligence/Data Mining/general purpose crunching
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA
- Complex Event Stream Processing
 - Scale up, scale out, fault-tolerance / HA

Mis see praktiliselt tähendab?

```
class A {  
  def m(...) {  
    ???  
  }  
}  
  
val a = new A  
a.m(argument)
```

Mis see praktiliselt tähendab?

```
class A {  
  def m(...) {  
    ???  
  }  
}  
val a = new A  
a.m(argument)
```

⇒

```
case class M(...)  
class A extends Actor {  
  def receive = {  
    case M(...) => ???  
  }  
}  
val a = ActorSystem("s").actorOf(Props[A], "a")  
a ! M(argument)
```

Mis see praktiliselt tähendab?

```

class A {
  def m(...) {
    ???
  }
}
val a = new A
a.m(argument)

⇒

case class M(...)
class A extends Actor {
  def receive = {
    case M(...) => ???
  }
}
val a = ActorSystem("s").actorOf(Props[A], "a")
a ! M(argument)

```

või hajusa paigutuse puhul

```

case class M(...)
val a = ActorSystem("s")
  .actorSelection("akka://s@example.com:5678/user/A")
a ! M(argument)

```

Mis see praktiliselt tähendab?

```

class A {
  def m(...) {
    ???
  }
}
val a = new A
a.m(argument)

⇒

case class M(...)
class A extends Actor {
  def receive = {
    case M(...) => ???
  }
}
val a = ActorSystem("s").actorOf(Props[A], "a")
a ! M(argument)

```

või hajusa paigutuse puhul

```

case class M(...)
val a = ActorSystem("s")
  .actorSelection("akka://s@example.com:5678/user/A")
a ! M(argument)

```

- Sõnumi saatmine meetodiga '!'
def !(message: Any)(**implicit** sender: ActorRef = Actor.noSender): Unit

Väikseim töötav näide

```
import akka.actor.{Actor, ActorSystem, Props}

case class M(s: String)

class A extends Actor {
  def receive: PartialFunction[Any, Unit] = {
    case M(s) => println("Hello!")
  }
}

object Test extends App {
  val a = ActorSystem("s").actorOf(Props[A], "a")
  a ! M("Hi!")
}
```

Omavaheline suhtlus

```
case object Pall
```

```
class M(s6num: String) extends Actor {  
  var vastane: ActorRef = _  
  def receive: PartialFunction[Any, Unit] = {  
    case a:ActorRef => vastane = a  
    case Pall => println(s6num); Thread.sleep(1000); vastane ! Pall  
  }  
}
```

```
object Test extends App {  
  val a = ActorSystem("s").actorOf(Props(classOf[M], "Ping"))  
  val b = ActorSystem("s").actorOf(Props(classOf[M], "Pong"))  
  a ! b  
  b ! a  
  a ! Pall  
}
```


Omavaheline suhtlus

```
case object Pall
```

```
class M(s6num: String) extends Actor {  
  var vastane: ActorRef = _  
  def receive: PartialFunction[Any, Unit] = {  
    case a:ActorRef => vastane = a  
    case Pall => println(s6num); Thread.sleep(1000); vastane ! Pall  
  }  
}
```

```
object Test extends App {  
  val a = ActorSystem("s").actorOf(Props(classOf[M], "Ping"))  
  val b = ActorSystem("s").actorOf(Props(classOf[M], "Pong"))  
  a ! b  
  b ! a  
  a ! Pall  
}
```

- Peale loomist suhtlus ainult sõnumitega!

Vastamine ja sünkroonne suhtlus

```
import akka.pattern._
import scala.concurrent.ExecutionContext.Implicits.global

class S extends Actor {
  var d: Int = 0
  def receive: PartialFunction[Any, Unit] = {
    case a: Int =>    d += a
    case _: Unit =>  sender ! d
  }
}

object Test extends App {
  implicit val t: Timeout = Timeout(10, TimeUnit.SECONDS)
  val s = ActorSystem("s").actorOf(Props(classOf[S]))
  s ! 10
  s ! 5
  val q : Future[Int] = s ? ()
  q.map(println)
}
```

Kõrvalepõige: Future ja Promise

- Kuidas teha samaaegset arvutust?
- Kuidas teha asünkroonseid meetodikutseid?

Kõrvalepõige: Future ja Promise

- Kuidas teha samaaegset arvutust?
- Kuidas teha asünkroonseid meetodikutseid?
- Future!

Tulevikuväärtused

```
object Main {  
  def pikk_arvutus1() = 1+1  
  def pikk_arvutus2() = 2+2  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val a = pikk_arvutus1()  
    val b = pikk_arvutus2()  
    println(a+b)  
  }  
}
```

Tulevikuväärtused

```
object Main {  
  def pikk_arvutus1() = 1+1  
  def pikk_arvutus2() = 2+2  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val a = pikk_arvutus1()  
    val b = pikk_arvutus2()  
    println(a+b)  
  }  
}
```

- Tahame a ja b arvutada samaaegselt.

Tulevikuväärtused

```
import scala.concurrent.duration.Duration
import scala.concurrent.{Await, ExecutionContext, Future}

object Main {
  def pikk_arvutus1() = 1+1
  def pikk_arvutus2() = 2+2
  def main(args: Array[String]): Unit = {
    val a = Future{pikk_arvutus1()(ExecutionContext.global)}
    val b = pikk_arvutus2()
    println(Await.result(a,Duration.Inf)+b)
  }
}
```

Tulevikuväärtused

```
import scala.concurrent.duration.Duration
import scala.concurrent.{Await, ExecutionContext, Future}

object Main {
  def pikk_arvutus1() = 1+1
  def pikk_arvutus2() = 2+2
  def main(args: Array[String]): Unit = {
    val a = Future{pikk_arvutus1()}(ExecutionContext.global)
    val b = pikk_arvutus2()
    println(Await.result(a, Duration.Inf)+b)
  }
}
```

- `Future[Int]`: lubadus tagastada `Int` tüüpi väärtus.

Tulevikuväärtused elegantsemalt

```
object Main {  
  implicit val ec: ExecutionContext = ExecutionContext.global  
  def pikk_arvutus1() = Future{1+1}  
  def pikk_arvutus2() = Future{2+2}  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val a = pikk_arvutus1()  
    val b = pikk_arvutus2()  
    val c = for (x <- a; y <- b) yield  
      println(x+y)  
    Await.ready(c, Duration.Inf)  
  }  
}
```

Future praktiliselt

- Future[Int]-l on meetodid
 - **def** isCompleted: Boolean,

Future praktiliselt

- `Future[Int]`-l on meetodid
 - `def isCompleted: Boolean`,
 - `def value: Option[Try[Int]]` ja

Future praktiliselt

- `Future[Int]`-l on meetodid
 - `def isCompleted: Boolean`,
 - `def value: Option[Try[Int]]` ja
 - `def onComplete[U](f: Try[Int] =>U)`
`(implicit executor: ExecutionContext): Unit`

Future praktiliselt

- `Future[Int]`-l on meetodid
 - `def isCompleted: Boolean`,
 - `def value: Option[Try[Int]]` ja
 - `def onComplete[U](f: Try[Int] =>U)`
`(implicit executor: ExecutionContext): Unit`
- `Try[A]` on `A` tüüpi väärtus või erind.

Future praktiliselt

- `Future[Int]`-l on meetodid
 - `def isCompleted: Boolean`,
 - `def value: Option[Try[Int]]` ja
 - `def onComplete[U](f: Try[Int] =>U)`
`(implicit executor: ExecutionContext): Unit`
- `Try[A]` on `A` tüüpi väärtus või erind.
- Aga kuidas ise sellist mugavalt implementeerida?

Promise

- Promise – ühekordselt kirjutatav muutuja

Promise

- Promise – ühekordselt kirjutatav muutuja
 - `def tryComplete(result: Try[T]): Boolean`

Promise

- Promise – ühekordselt kirjutatav muutuja
 - **def** tryComplete(result: Try[T]): Boolean
 - **def** isCompleted: Boolean

Promise

- Promise – ühekordselt kirjutatav muutuja
 - `def tryComplete(result: Try[T]): Boolean`
 - `def isCompleted: Boolean`
 - `def future: Future[T]`

Promise

- Promise – ühekordselt kirjutatav muutuja
 - `def tryComplete(result: Try[T]): Boolean`
 - `def isCompleted: Boolean`
 - `def future: Future[T]`

```
object Main {  
  implicit val ec: ExecutionContext = ExecutionContext.parasitic  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    val parv = Promise[Int]  
    val farv = parv.future  
    for (x <- farv)  
      println(x)  
    parv.tryComplete(Try{1})  
  }  
}
```

Promise ja Future erinevus

- Future-d on rangelt kapseldatud
 - Ei pea muretsema ootamise järjekorra pärast.

Promise ja Future erinevus

- Future-d on rangelt kapseldatud
 - Ei pea muretsema ootamise järjekorra pärast.
- Promise-d on kapseldamata
 - Programmeerija peab ise hoolitsema, et ta ei hakkaks ootama iseenda järele.

Vastamine ja sünkroonne suhtlus

```
class S extends Actor {  
  var d: Int = 0  
  def receive: PartialFunction[Any, Unit] = {  
    case a: Int =>    d += a  
    case _: Unit =>  sender ! d  
  }  
}  
  
object Test extends App {  
  implicit val t: Timeout = Timeout(10, TimeUnit.SECONDS)  
  val s = ActorSystem("s").actorOf(Props(classOf[S]))  
  s ! 10  
  s ! 5  
  val q : Future[Int] = s ? ()  
  q.map(println)  
}
```

Edastamata sõnumid

- Sõnumid, mida ei saa edastada saadetakse aktorile deadLetters

Edastamata sõnumid

- Sõnumid, mida ei saa edastada saadetakse aktorile `deadLetters`
- Sõnumid saab kätte importides akka `.actor .DeadLetter`.

Edastamata sõnumid

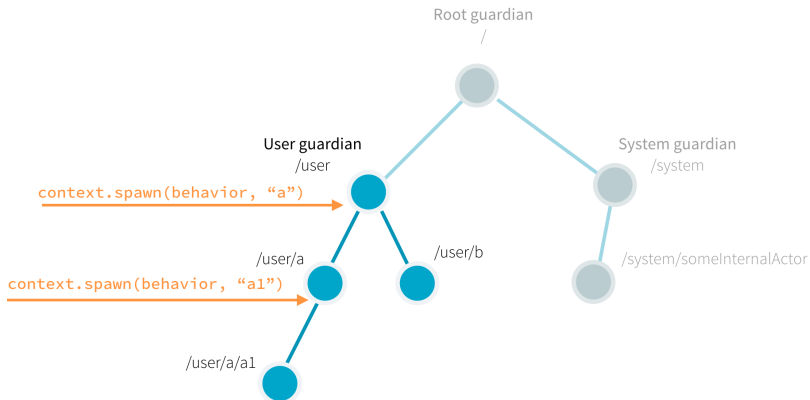
- Sõnumid, mida ei saa edastada saadetakse aktorile `deadLetters`
- Sõnumid saab kätte importides akka `.actor .DeadLetter`.
- Võrguühenduse probleemide korral võivad sõnumid ka kaduma minna.

Edastamata sõnumid

- Sõnumid, mida ei saa edastada saadetakse aktorile `deadLetters`
- Sõnumid saab kätte importides akka `.actor.DeadLetter`.
- Võrgühenduse probleemide korral võivad sõnumid ka kaduma minna.

```
val as = ActorSystem("s")  
as.eventStream.subscribe(minuDeadLetterAktor, classOf[DeadLetter])
```

Aktorite hierahia



- Valvurid (i.k. *Guardian*) vastutavad aktorite korrapärase sulgemise eest.

Perioodilised ja ajastatud sõnumid

```
import scala.concurrent.duration._
import system.dispatcher
...

// ajastatud sõnum
system.scheduler.scheduleOnce(50 milliseconds, testActor, "foo")

// korduv sõnum
val c = system.scheduler.scheduleOnce(50 milliseconds) {
  testActor ! System.currentTimeMillis
}

// tühistamine
c.cancel
```

Aktori peatamine

- stop

```
val actorSystem = ActorSystem("s")  
val a = actorSystem.actorOf(Props[A]);  
...  
actorSystem.stop(a);
```

Aktori peatamine

- stop

```
val actorSystem = ActorSystem("s")  
val a = actorSystem.actorOf(Props[A]);  
...  
actorSystem.stop(a);
```

- PoisonPill

```
a ! PoisonPill
```

Aktori peatamine

- stop

```
val actorSystem = ActorSystem("s")
val a = actorSystem.actorOf(Props[A]);
...
actorSystem.stop(a);
```

- PoisonPill

```
a ! PoisonPill
```

- gracefulStop

```
import akka.pattern.gracefulStop

val stopped: Future[Boolean] =
  gracefulStop(a, 2 seconds)(actorSystem)
```

Aktorite mudel

- + Mitmelõimelisusest tulenevad probleemid lahendatud.

Aktorite mudel

- + Mitmelõimelisusest tulenevad probleemid lahendatud.
- + Süsteemi hajusus kergelt muutetav.

Aktorite mudel

- + Mitmelõimelisusest tulenevad probleemid lahendatud.
- + Süsteemi hajusus kergelt muutetav.
- + Selge viis teatud ülesannete lahendamisel.

Aktorite mudel

- + Mitmelõimelisusest tulenevad probleemid lahendatud.
- + Süsteemi hajusus kergelt muutetav.
- + Selge viis teatud ülesannete lahendamisel.
- Pole tüübitud

Aktorite mudel

- + Mitmelõimelisusest tulenevad probleemid lahendatud.
- + Süsteemi hajusus kergelt muutetav.
- + Selge viis teatud ülesannete lahendamisel.
- Pole tüübitud
 - Akka Typed!

Akka Typed

```
object MinuAktor {
  def apply(): Behavior[String] =
    Behaviors.setup(context => new MinuAktor(context))
}

class MinuAktor(context: ActorContext[String])
  extends AbstractBehavior[String](context)
{
  override def onMessage(msg: String): Behavior[String] =
    msg match {
      case "start" =>
        println("bla")
        this
    }
}

object Main extends App {
  val testSystem = ActorSystem(MinuAktor(), "s")
  testSystem ! "start"
}
```

Akka Signaalid:

- ChildFailed,
 - erindi tõttu lapsaktoris

Akka Signaalid:

- ChildFailed,
 - erindi tõttu lapsaktoris

Akka Signaalid:

- ChildFailed,
 - erindi tõttu lapsaktoris
- PostStop, PreRestart, PreRestart, Terminated,

Akka Signaalid:

- ChildFailed,
 - erindi tõttu lapsaktoris
- PostStop, PreRestart, PreRestart, Terminated,
- DeleteEventsCompleted, DeleteEventsFailed,
- DeleteSnapshotsCompleted, DeleteSnapshotsFailed,
- RecoveryCompleted, RecoveryFailed,
- SnapshotCompleted, SnapshotFailed.

Aktor mis ei võta sõnumeid vastu

```
object Supervisor {  
  def apply(): Behavior[Nothing] =  
    Behaviors.setup[Nothing](context => new Supervisor(context))  
}  
class Supervisor(context: ActorContext[Nothing]) extends  
  AbstractBehavior[Nothing](context)  
{  
  context.log.info("Application_started")  
  
  override def onMessage(msg: Nothing): Behavior[Nothing] = {  
    // Pole vaja sõnumeid töödelda  
    Behaviors.unhandled  
  }  
  
  override def onSignal: PartialFunction[Signal, Behavior[Nothing]] = {  
    case PostStop =>  
      context.log.info("Application_stopped")  
      this  
  }  
}
```