EDAA45 Programmering, grundkurs

Läsvecka 4: Datastrukturer

Björn Regnell

Datavetenskap, LTH

Lp1-2, HT 2016

4 Datastrukturer

- Vad är en datastruktur?
- Tupler
- Klasser
- Case-klasser
- Samlingar
- Integrerad utvecklingsmiljö (IDE)

Denna vecka: Datastrukturer och IDE

- Datastrukturer med tupler, klasser och färdiga samlingar
  - Mer om klasser senare:
    - w06 Klasser
    - w07 Arv
    - w09 Typparametrar
  - Mer om samlingar senare:
    - w05 Sekvensalgoritmer
    - w09 Matriser
    - w10 Sökning, Sortering
- Övning `data`: prova tupler, klasser och samlingsmetoder
- Laboration `pirates`: prata som pirater och prova IDE
- Börja använda en integrerad utvecklingsmiljö (IDE), labbförberedelse bl.a.: läs appendix D och få igång en IDE

Vad är en datastruktur?

Vad är en datastruktur?

- En datastruktur är en struktur för organisering av data som...
  - kan innehålla många element,
  - kan refereras till som en helhet, och
  - ger möjlighet att komma åt enskilda element.
- En **samling** (eng. *collection*) är en datastruktur som kan innehålla många element av **samma typ**.
- Exempel på **färdiga samlingar** i Scalas standardbibliotek där elementen är organiserade på olika vis så att samlingen får olika egenskaper som passar **olika användningsområden**:
  - `scala.collection.immutable.Vector`, snabb access **överallt**.
  - `scala.collection.immutable.List`, snabb access **i början**.
  - `scala.collection.immutable.Set`, `scala.collection.mutable.Set`, unika element, snabb innehållstest.
  - `scala.collection.immutable.Map` `scala.collection.mutable.Map`, nyckel-värde-par, snabb access via nyckel.
  - `scala.collection.mutable.ArrayBuffer`, kan ändra storlek.
  - `scala.Array`, motsvarar primitiva, föränderliga Java-arrayer, fix storlek.

Olika sätt att skapa datastrukturer

- **Tupler**
  - samla *n* st datavärden i element **_1**, **_2**, ... _*n*
  - elementen kan vara av **olika** typ
- **Klasser**
  - samlar data i **attribut** med (väl valda!) namn
  - attributen kan vara av **olika** typ
  - definierar även **metoder** som använder attributen (kallas även **operationer** på data)
- **Färdiga samlingar**
  - speciella klasser som samlar data i element av **samma** typ
  - exempel: `scala.collection.immutable.Vector`
  - har ofta *många* färdiga **bra-att-ha-metoder**, se snabbreferensen `http://cs.lth.se/pgk/quickref`
- **Egenimplementerade samlingar**
  - → fördjupningskurs

Tupler

Vad är en tupel?

- En tupel samlar *n* st objekt i en enkel struktur, med koncis syntax.
- Elementen kan vara av **olika** typ.
- `("hej", 42, math.Pi)` är en **3-tupel** av typen: `(String, Int, Double)`
- Du kan komma åt det enskilda elementen med **_1**, **_2**, ... *_n*

```
1  scala> val t = ("hej", 42, math.Pi)
2  t: (String, Int, Double) = (hej,42,3.141592653589793)
3
4  scala> t._1
5  res0: String = hej
6
7  scala> t._2
8  res1: Int = 42
```

- Tupler är praktiska när man inte vill ta det lite större arbetet att skapa en egen klass. (Men med klasser kan man göra mycket mer än med tupler.)
- I Scala kan du skapa tupler upp till en storlek av 22 element. (Behöver du fler element, använd i stället en samling, t.ex. `Vector`.)

Tupler som parametrar och returvärde.

- Tupler är smidiga när man på ett enkelt och typsäkert sätt vill låta en funktion **returnera mer än ett värde**.

```
scala> def längd(p: (Double, Double)) = math.hypot(p._1, p._2)

scala> def vinkel(p: (Double, Double)) = math.atan2(p._1, p._2)

scala> def polär(p: (Double, Double)) = (längd(p), vinkel(p))

scala> polär((3,4))
res2: (Double, Double) = (5.0,0.6435011087932844)
```

- Om typerna passar kan man skippa dubbla parenteser vid **ensamt tupel-argument**:

```
scala> polär(3,4)
res3: (Double, Double) = (5.0,0.6435011087932844)
```

https://sv.wikipedia.org/wiki/Polära_koordinater

Ett smidigt sätt att skapa 2-tupler med metoden ->

Det finns en metod vid namn -> som kan användas på objekt av **godtycklig** typ för att **skapa par**:

```
1  scala> ("Ålder", 42)
2  res0: (String, Int) = (Ålder,42)
3
4  scala> "Ålder".->(42)
5  res1: (String, Int) = (Ålder,42)
6
7  scala> "Ålder" -> 42
8  res2: (String, Int) = (Ålder,42)
9
10 scala> Vector("Ålder" -> 42, "Längd" -> 178, "Vikt" -> 65)
11 res3: scala.collection.immutable.Vector[(String, Int)] =
12         Vector((Ålder,42), (Längd,178), (Vikt, 65))
```

Klasser

Vad är en klass?

Vi har tidigare deklarerat **singelobjekt** som bara finns i **en instans**:

```
scala> object Björn { var ålder = 49; val längd = 178 }
```

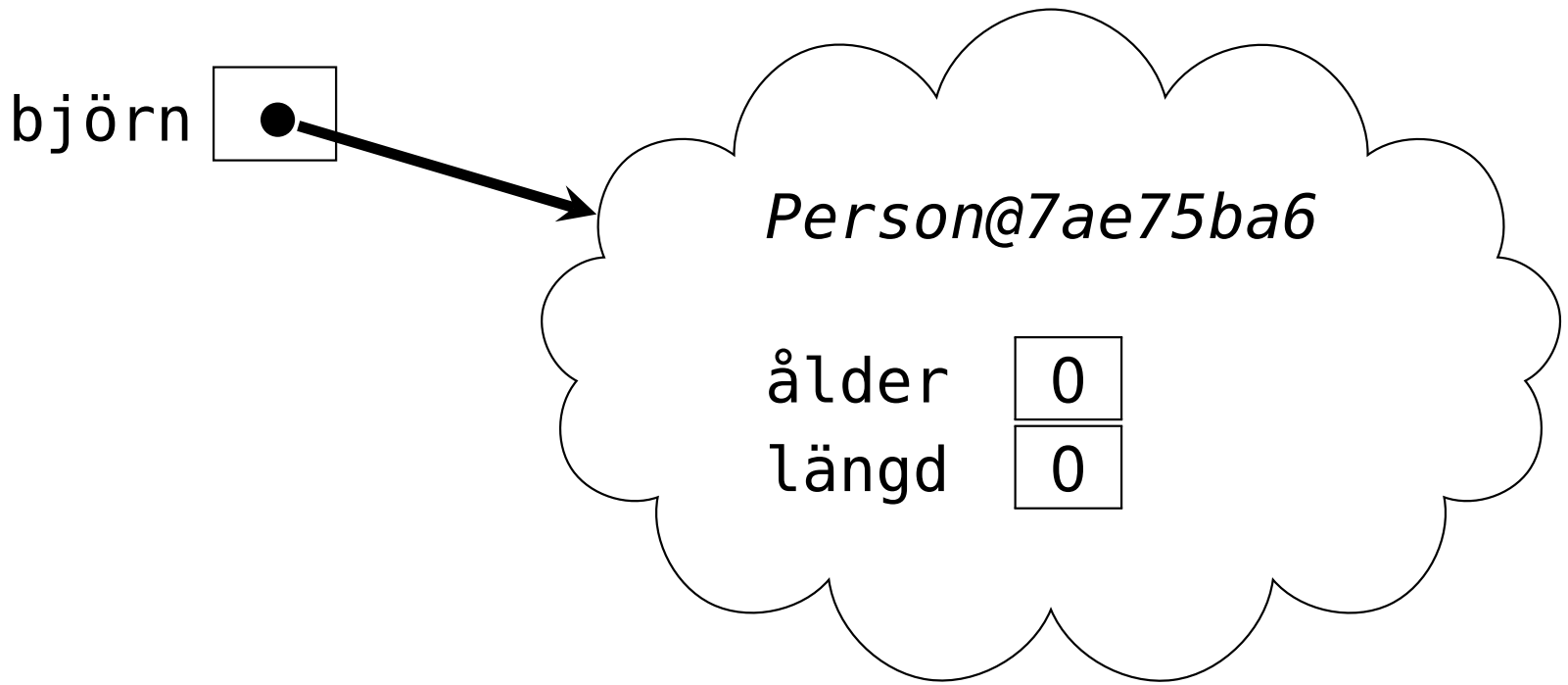
Med en **klass** kan man skapa **godtyckligt många instanser av klassen** med hjälp av nyckelordet **new** följt av klassens namn:

```
scala> class Person { var ålder = 0; var längd = 0 }

scala> val björn = new Person
björn: Person = Person@7ae75ba6

scala> björn.ålder = 49

scala> björn.längd = 178
```

- En klass kan ha **medlemmar** (i likhet med singelobjekt).
- Funktioner som är medlemmar kallas **metoder**.
- Variabler som är medlemmar kallas **attribut**.

Vid new allokeras plats i minnet för objektet

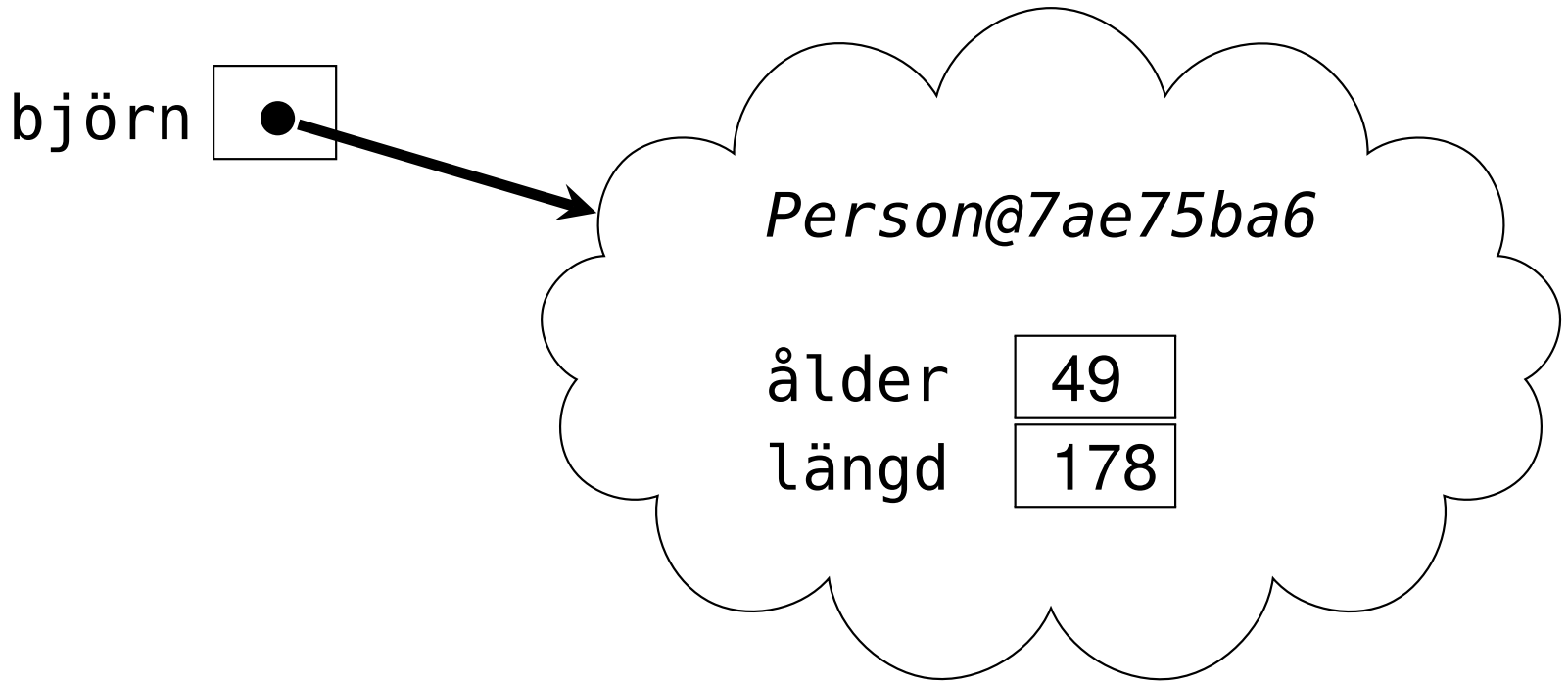
```
scala> class Person { var ålder = 0; var längd = 0 }

scala> val björn = new Person
björn: Person = Person@7ae75ba6
```



`Person@7ae75ba6` är en unik idenfierare för instansen, så att JVM hittar den i heapen.

Med punktnotation kan förändringsbara variabler tilldelas nya värden och objektets tillstånd uppdateras.

```
scala> björn.ålder = 49
scala> björn.längd = 178
```



En klass kan ha parametrar som initialiserar attribut

- Med en parameterlista efter klassnamnet får man en så kallad **primärkonstruktor** för initialisering av attribut.
- Argumenten för initialiseringen ges vid **new**.

```
scala> class Person(var ålder: Int, var längd: Int)

scala> val björn = new Person(49, 178)
björn: Person = Person@354baab2

scala> println(s"Björn är ${björn.ålder} år gammal.")
Björn är 49 år gammal.

scala> björn.ålder = 18

scala> println(s"Björn är ${björn.ålder} år gammal.")
Björn är 18 år gammal.
```

En klass kan ha privata medlemmar

Med **`private`** blir en medlem **privat**: access utifrån **medges ej**.

```
1  scala> class Person(private var minÅlder: Int, private var minLängd: Int){
2           def ålder = minÅlder
3         }
4
5  scala> val björn = new Person(42, 178)
6  björn: Person = Person@4b682e71
7
8  scala> println(s"Björn är ${björn.ålder} år gammal.")
9  Björn är 42 år gammal.
10
11 scala> björn.minÅlder = 18
12 error: variable minÅlder in class Person cannot be accessed in Person
13
14 scala> björn.längd
15 error: value längd is not a member of Person
```

Med **`private`** kan man förhindra tokiga förändringar.

Privata förändringsbara attribut och publika metoder

```
class Människa(val födelseLängd: Double, val födelseVikt: Double){
  private var minLängd = födelseLängd
  private var minVikt  = födelseVikt
  private var ålder    = 0

  def längd = minLängd  // en sådan här metod kallas "getter"
  def vikt  = minVikt   // vi förhindrar attributändring "utanför" klassen

  val slutaVäxaÅlder      = 18
  val tillväxtfaktorLängd = 0.00001
  val tillväxtfaktorVikt  = 0.0002

  def ät(mat: Double): Unit = {
    if (ålder < slutaVäxaÅlder) minLängd += tillväxtfaktorLängd * mat
    minVikt += tillväxtfaktorVikt * mat
  }

  def fyllÅr: Unit = ålder += 1

  def tillstånd: String = s"Tillstånd: $minVikt kg, $minLängd cm, $ålder år"
}
```

Tillstånd kan förändras indirekt genom metodanrop

```
1  scala> val björn = new Människa(födelseVikt=3.5, födelseLängd=52.1)
2  björn: Människa = Människa3e52
3
4  scala> björn.tillstånd
5  res0: String = Tillstånd: 3.5 kg, 52.1 cm, 0 år
6
7  scala> for (i <- 1 to 42) björn.fyllÅr
8
9  scala> björn.tillstånd
10 res2: String = Tillstånd: 3.5 kg, 52.1 cm, 42 år
11
12 scala> björn.ät(mat=5000)
13
14 scala> björn.tillstånd
15 res3: String = Tillstånd: 4.5 kg, 52.1 cm, 42 år
```

Metoden `isInstanceOf` och rot-typen `Any`

```
1  scala> class X(val i: Int)
2
3  scala> val a = new X(42)
4  a: X = X@117b2cc6
5
6  scala> a.isInstanceOf[X]
7  res0: Boolean = true
8
9  scala> val b = new X(42)
10 b: X = X@61ab6521
11
12 scala> b.isInstanceOf[X]
13 res1: Boolean = true
14
15 scala> a == b
16 res2: Boolean = false
17
18 scala> a.i == b.i
19 res3: Boolean = true
```

- Ett objekt skapat med **`new`** X är en instans av **typen** X.
- Detta kan testas med metoden `isInstanceOf[X]: Boolean`

Metoden `isInstanceOf` och rot-typen `Any`

```
scala> class X(val i: Int)

scala> val a = new X(42)
a: X = X@117b2cc6

scala> a.isInstanceOf[X]
res0: Boolean = true

scala> val b = new X(42)
b: X = X@61ab6521

scala> b.isInstanceOf[X]
res1: Boolean = true

scala> a == b
res2: Boolean = false

scala> a.i == b.i
res3: Boolean = true
```

- Ett objekt skapat med **new** X är en instans av **typen** X.
- Detta kan testas med metoden `isInstanceOf[X]: Boolean`
- Typen **Any** är sypertyp till **alla** typer och kallas för **rot-typ** i Scalas typhierarki.

```
scala> a.isInstanceOf[Any]
res4: Boolean = true

scala> b.isInstanceOf[Any]
res5: Boolean = true

scala> 42.isInstanceOf[Any]
res6: Boolean = true
```

- Se quickref sid 4. (Mer i w07.)
- I klassen Any finns bl.a. `toString`

Överskugga `toString`

Alla objekt får automatiskt en metod `toString` som ger en sträng med objektets unika identifierare, här `Gurka@3830f1c0`:

```
1  scala> class Gurka(val vikt: Int)
2
3  scala> val g = new Gurka(42)
4  g: Gurka = Gurka@3830f1c0
5
6  scala> g.toString
7  res0: String = Gurka@3830f1c0
```

Man kan **överskugga** den automatiska `toString` med en **egen implementation**. Observera nyckerordet **`override`**.

```
1  scala> class Tomat(val vikt: Int){override def toString = s"Tomat($vikt g)"}
2
3  scala> val t = new Tomat(142)
4  t: Tomat = Tomat(142 g)
5
6  scala> t.toString
7  res1: String = Tomat(142 g)
```

Objektfabrik i kompanjonsobjekt

- Om det finns ett objekt i samma kodfil med samma namn som klassen blir det objektet ett s.k. **kompanjonsobjekt** (eng. *companion object*).
- Ett kompanjonsobjekt får **accessa privata medelmmar** i den klass till vilken objektet är kompanjon.
- Kompanjonsobjekt är en bra plats för s.k. **fabriksmetoder** som skapar instanser. Då slipper vi skriva **new**.

```
1  scala> :paste   // måste skrivas tillsammans annars ingen kompanjon
2
3  class Broccoli(var vikt: Int)
4
5  object Broccoli {
6    def apply(vikt: Int) = new Broccoli(vikt)
7  }
8
9  scala> val b = Broccoli(420)
10 b: Broccoli = Broccoli@32e8d5a4
```

Kompanjonsobjekt kan accessa privata medlemmar

```
class Gurka(startVikt: Double) {
  private var vikt = startVikt
  def ät(tugga: Int): Unit = if (vikt > tugga) vikt -= tugga else vikt = 0
  override def toString = s"Gurka($vikt)"
}
object Gurka {
  private var totalVikt = 0.0
  def apply(): Gurka = {
    val g = new Gurka(math.random * 0.42 + 0.1)
    totalVikt += g.vikt  // hade blivit kompileringsfel om ej vore kompanjon
    g
  }
  def rapport: String = s"Du har skapat ${totalVikt.toInt} kg gurka."
}
```

Kompanjonsobjekt kan accessa privata medlemmar

```
class Gurka(startVikt: Double) {
  private var vikt = startVikt
  def ät(tugga: Int): Unit = if (vikt > tugga) vikt -= tugga else vikt = 0
  override def toString = s"Gurka($vikt)"
}
object Gurka {
  private var totalVikt = 0.0
  def apply(): Gurka = {
    val g = new Gurka(math.random * 0.42 + 0.1)
    totalVikt += g.vikt  // hade blivit kompileringsfel om ej vore kompanjon
    g
  }
  def rapport: String = s"Du har skapat ${totalVikt.toInt} kg gurka."
}
```

```
1  scala> val gs = Vector.fill(1000)(Gurka())
2  gs: scala.collection.immutable.Vector[Gurka] =
3    Vector(Gurka(0.49018400799506734), Gurka(0.2462822679714138), Gurka(0.173913
4
5  scala> println(Gurka.rapport)
6  Du har skapat 305 kg gurka.
```

Förändringsbara och oföränderliga objekt

Ett **oföränderligt objekt** där nya instanser skapas i stället för tillståndsändring ”på plats”.

```
class Point(val x: Int, val y: Int) {
  def moved(dx: Int, dy: Int): Point = new Point(x + dx, y + dy)

  override def toString: String = s"Point($x, $y)"
}
```

Ett **förändringsbart** objekt där **tillståndet uppdateras**.

```
class MutablePoint(private var x: Int, private var y: Int) {
  def move(dx: Int, dy: Int): Unit = {x += dx; y += dy}  // Mutation!!!

  override def toString: String = s"MutablePoint($x, $y)"
}
```

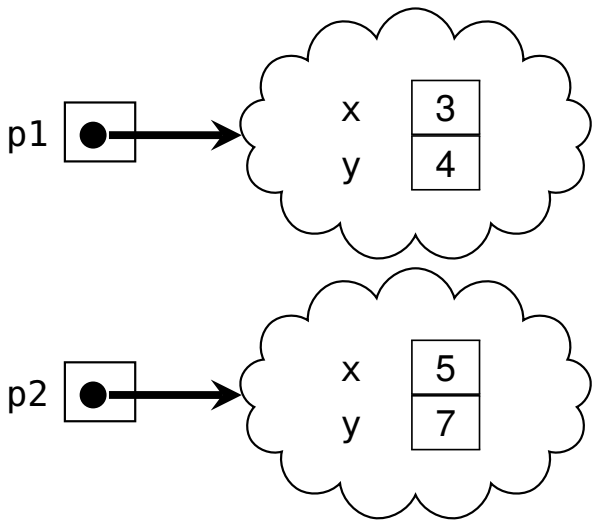
Oföränderliga objekt

```
scala> var p1 = new Point(3, 4)
p1: Point = Point(3, 4)

scala> val p2 = p1.moved(2, 3)
p2: Point = Point(5, 7)

scala> println(p1)
Point(3, 4)

scala> p1 = new Point(0, 0)
p1: Point = Point(0, 0)
```

Oföränderliga objekt

```
1  scala> var p1 = new Point(3, 4)
2  p1: Point = Point(3, 4)
3
4  scala> val p2 = p1.moved(2, 3)
5  p2: Point = Point(5, 7)
6
7  scala> println(p1)
8  Point(3, 4)
9
10 scala> p1 = new Point(0, 0)
11 p1: Point = Point(0, 0)
```

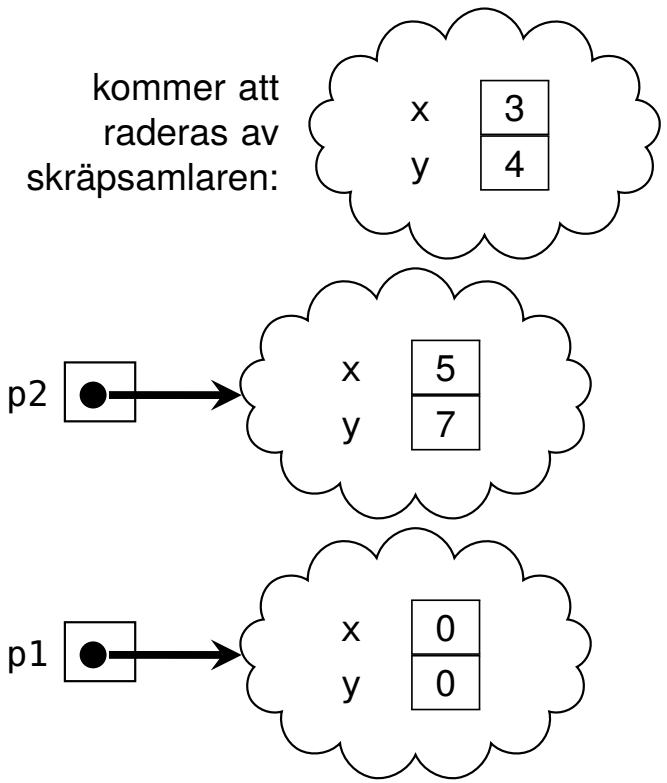
Minnessituationen efter rad 7:



Oföränderliga objekt

```
1  scala> var p1 = new Point(3, 4)
2  p1: Point = Point(3, 4)
3
4  scala> val p2 = p1.moved(2, 3)
5  p2: Point = Point(5, 7)
6
7  scala> println(p1)
8  Point(3, 4)
9
10 scala> p1 = new Point(0, 0)
11 p1: Point = Point(0, 0)
```

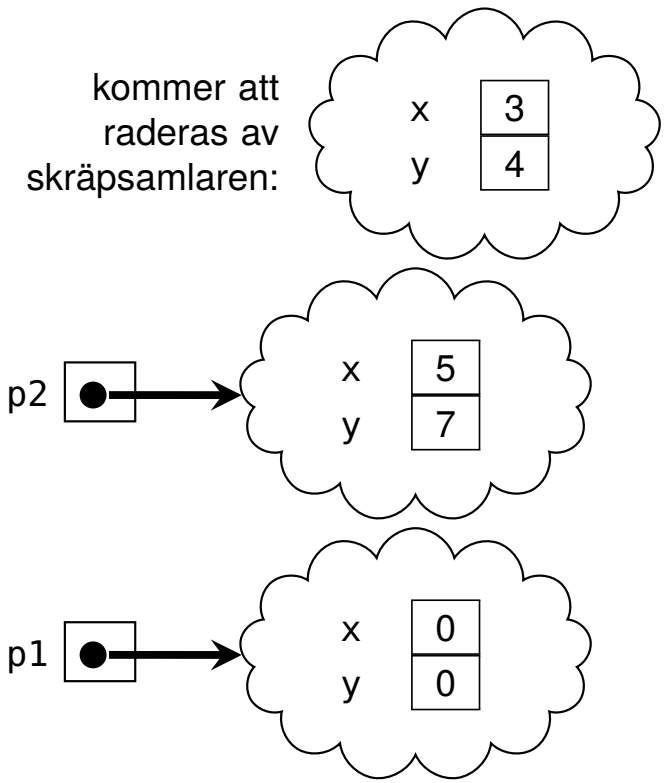
Minnessituationen efter rad 10:



Oföränderliga objekt

```
1  scala> var p1 = new Point(3, 4)
2  p1: Point = Point(3, 4)
3
4  scala> val p2 = p1.moved(2, 3)
5  p2: Point = Point(5, 7)
6
7  scala> println(p1)
8  Point(3, 4)
9
10 scala> p1 = new Point(0, 0)
11 p1: Point = Point(0, 0)
```

Minnessituationen efter rad 10:

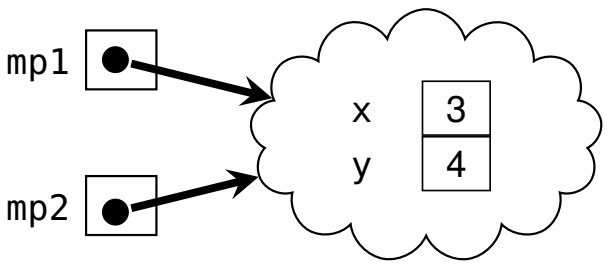


Vi kan **lugnt dela referenser** till vårt oföränderliga objekt eftersom det **aldrig** kommer att ändras.

Förändringsbara objekt

```
1  scala> val mp1 = new MutablePoint(3, 4)
2  mp1: MutablePoint = MutablePoint(3, 4)
3
4  scala> val mp2 = mp1
5  mp2: MutablePoint = MutablePoint(3, 4)
6
7  scala> mp1.move(2,3)
8
9  scala> println(mp2)
10 MutablePoint(5, 7)
```

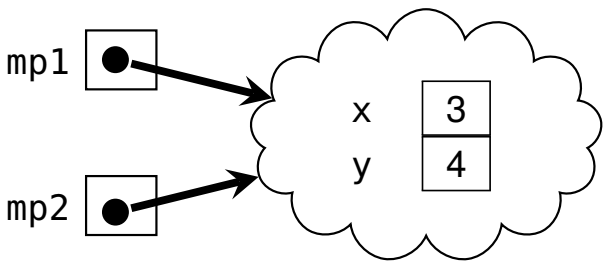
Minnessituationen efter rad 4:



Förändringsbara objekt

```
1  scala> val mp1 = new MutablePoint(3, 4)
2  mp1: MutablePoint = MutablePoint(3, 4)
3
4  scala> val mp2 = mp1
5  mp2: MutablePoint = MutablePoint(3, 4)
6
7  scala> mp1.move(2,3)
8
9  scala> println(mp2)
10 MutablePoint(5, 7)
```

Minnessituationen efter rad 4:

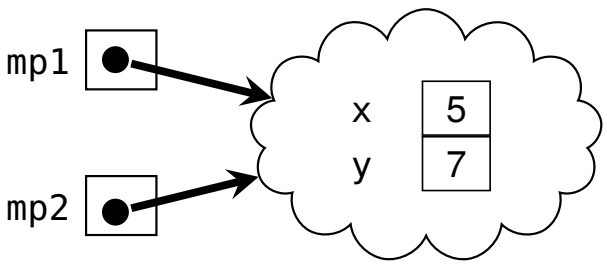


Varning! Vem som helst som har tillgång till en referens till ditt förändringsbara objekt kan **manipulera** det, vilket ibland ger överaskande och **problematiska** konsekvenser!

Förändringsbara objekt

```
1  scala> val mp1 = new MutablePoint(3, 4)
2  mp1: MutablePoint = MutablePoint(3, 4)
3
4  scala> val mp2 = mp1
5  mp2: MutablePoint = MutablePoint(3, 4)
6
7  scala> mp1.move(2,3)
8
9  scala> println(mp2)
10 MutablePoint(5, 7)
```

Minnessituationen efter **rad 7**:



Varning! Vem som helst som har tillgång till en referens till ditt förändringsbara objekt kan **manipulera** det, vilket ibland ger överaskande och **problematiska** konsekvenser!

Case-klasser

Vad är en case-klass?

- En **`case`**-klass är ett smidigt sätt att skapa **oföränderliga objekt**.
- Kompilatorn ger dig **en massa ”godis”** på köpet (ca 50-100 rader kod), inkl.:
  - klassparametrar blir automatiskt **`val`**-attribut, alltså **publika** och **oföränderliga**,
  - en automatisk **`toString`** som visar klassparametrarnas värde,
  - ett automatiskt **kompanjonsobjekt** med **fabriksmetod** så du slipper skriva **`new`**,
  - automatiska metoden **`copy`** för att skapa kopior med andra attributvärden, m.m...
    (Mer om detta i w06 & w11, men är du nyfiken kolla på uppgift 2d) på sid 261.)

Vad är en case-klass?

- En **`case`**-klass är ett smidigt sätt att skapa **oföränderliga objekt**.
- Kompilatorn ger dig **en massa ”godis”** på köpet (ca 50-100 rader kod), inkl.:
  - klassparametrar blir automatiskt **`val`**-attribut, alltså **publika** och **oföränderliga**,
  - en automatisk **`toString`** som visar klassparametrarnas värde,
  - ett automatiskt **kompanjonsobjekt** med **fabriksmetod** så du slipper skriva **`new`**,
  - automatiska metoden **`copy`** för att skapa kopior med andra attributvärden, m.m...

  (Mer om detta i w06 & w11, men är du nyfiken kolla på uppgift 2d) på sid 261.)
- Det **enda** du behöver göra är att lägga till nyckelordet **`case`** före **`class`**...

```
scala> case class Point(x: Int, y: Int)

scala> val p = Point(3, 5)
p: Point = Point(3,5)

scala> p.  // tryck TAB och se lite av allt case-klass-godis
scala> Point.  // tryck TAB och se ännu mer godis

scala> val p2 = p.copy(y= 30)
p2: Point = Point(3,30)
```

Exempel på case-klasser

```
case class Person(namn: String, ålder: Int) {
  def fyllerJämt: Boolean = ålder % 10 == 0
  def hyllning = if (fyllerJämt) "Extra grattis!" else "Vi gratulerar!"
  def ärLikaGammalSom(annan: Person) = ålder == annan.ålder
}

case class Point(x: Int = 0, y: Int = 0) {
  def distanceTo(other: Point) = math.hypot(x - other.x, y - other.y)
  def dx(d: Int): Point = copy(x + d, y)
  def dy(d: Int): Point = copy(y= y + d)  //namngivet arg. och defaultarg.
}
object Point {
  def origin = new Point()
}
```

```
1 scala> Point().dx(10).dy(10).dx(32)
2 res0: Point = Point(42,10)
3
4 scala> Point(3,4) distanceTo Point.origin
5 res1: Double = 5.0
```

Synlighet av klassparametrar i klasser & case-klasser

`private[this]` är ännu mer privat än `private`

```
class Hemlis(private val hemlis: Int) {
  def ärSammaSom(annan: Hemlis) = hemlis == annan.hemlis   // Funkar!
}

class Hemligare(private[this] val hemlis: Int) {
  def ärSammaSom(annan: Hemligare) = hemlis == annan.hemlis //KOMPILERINGSFEL
}
```

Vad händer om man inte skriver något? Olika för klass och case-klass:

```
class Hemligare(hemlis: Int) { // motsvarar private[this] val
  def ärSammaSom(annan: Hemligare) = hemlis == annan.hemlis //KOMPILERINGSFEL
}

case class InteHemlig(seMenInteRöra: Int) { // blir automatiskt val
  def ärSammaSom(annan: InteHemlig): Boolean =
    seMenInteRöra == annan.seMenInteRöra
}
```

Samlingar

Vad är en samling?

En **samling** (eng. *collection*) är en datastruktur som kan innehålla många element av **samma typ**.

Vad är en samling?

En **samling** (eng. *collection*) är en datastruktur som kan innehålla många element av **samma typ**.

Exempel:
Heltalsvektor:

```
val xs = Vector(2, -1, 3, 42, 0)
```

Vad är en samling?

En **samling** (eng. *collection*) är en datastruktur som kan innehålla många element av **samma typ**.

Exempel:
Heltalsvektor: `val xs = Vector(2, -1, 3, 42, 0)`

Samlingar implementeras med hjälp av klasser.
I standardbiblioteken `scala.collection` och `java.util` finns **många färdiga samlingar**, så man behöver sällan implementera egna.

Vad är en samling?

En **samling** (eng. *collection*) är en datastruktur som kan innehålla många element av **samma typ**.

Exempel:
Heltalsvektor: `val xs = Vector(2, -1, 3, 42, 0)`

Samlingar implementeras med hjälp av klasser.
I standardbiblioteken `scala.collection` och `java.util` finns **många färdiga samlingar**, så man behöver sällan implementera egna.

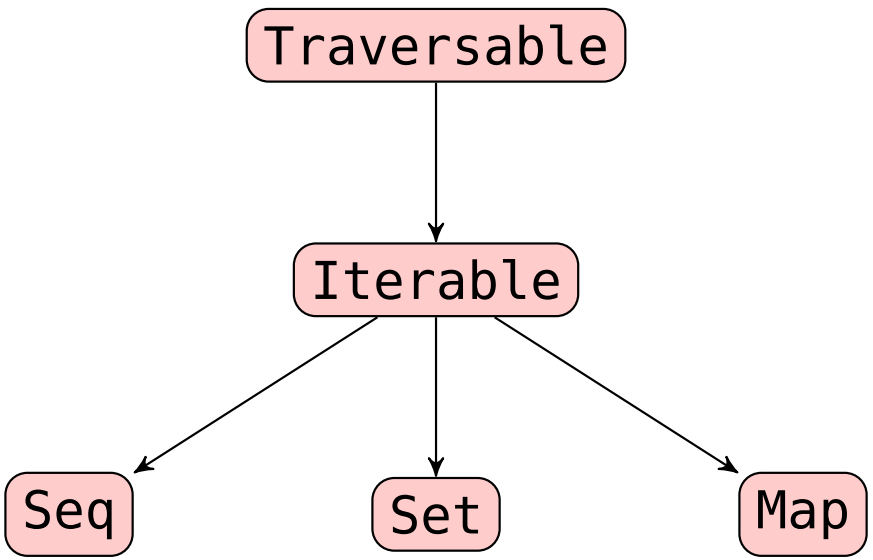
Om man behöver en egen, speciell datastruktur är det ofta lämpligt att skapa en klass som *innehåller* en *färdig* samling och utgå från dess färdiga metoder.

Typparameter möjliggör generiska samlingar

Funktioner och klasser kan, förutom vanliga parametrar, även ha **typparametrar** som skrivs i en egen parameterlista med **hakparenteser**. En typparameter gör så att funktioner och datastrukturer blir **generiska** och kan hantera element av **godtycklig** typ på ett typsäkert sätt. (Mer om detta i w09.)

```
scala> def strängLängd[T](x: T): Int = x.toString.length
strängLängd: [T](x: T)Int

scala> strängLängd[Double](42.0)  //Double är typargument
res0: Int = 4

scala> strängLängd(42.0) //Kompilatorn härleder T=Double
res1: Int = 4

scala> Vector.empty[Int] //Här kan den ej härleda typen...
res2: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector()

scala> strängLängd[Vector[Int]](Vector.empty) //...men här
res3: Int = 8
```

Hierarki av samlingstyper i `scala.collection`



`Traversable` har metoder som är implementerade med hjälp av:

```
def foreach[U](f: Elem => U): Unit
```

`Iterable` har metoder som är implementerade med hjälp av:

```
def iterator: Iterator[A]
```

- `Seq`: ordnade i sekvens
- `Set`: unika element
- `Map`: par av (nyckel, värde)

Samlingen **`Vector`** är en `Seq` som är en `Iterable` som är en `Traversable`.

Använda `iterator`

Med en `iterator` kan man **iterera** med **`while`** över alla element, men endast **en gång**; sedan är iteratorn ”förbrukad”. (Men man kan be om en ny.)

```
1  scala> val xs = Vector(1,2,3,4)
2  xs: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(1, 2, 3, 4)
3
4  scala> val it = xs.iterator
5  it: scala.collection.immutable.VectorIterator[Int] = non-empty iterator
6
7  scala> while (it.hasNext) print(it.next)
8  1234
9
10 scala> it.hasNext
11 res1: Boolean = false
12
13 scala> it.next
14 java.util.NoSuchElementException: reached iterator end
15   at scala.collection.immutable.VectorIterator.next(Vector.scala:674)
```

Normalt behöver man **inte** använda `iterator`: det finns oftast färdiga metoder som gör det man vill, till exempel `foreach`, `map`, `sum`, `min` etc.

Några användbara metoder på samlingar

Traversable	`xs.size`	antal elementet
	`xs.head`	första elementet
	`xs.last`	sista elementet
	`xs.take(n)`	ny samling med de första n elementet
	`xs.drop(n)`	ny samling utan de första n elementet
	`xs.foreach(f)`	gör `f` på alla element, returtyp `Unit`
	`xs.map(f)`	gör `f` på alla element, ger ny samling
	`xs.filter(p)`	ny samling med bara de element där p är sant
	`xs.groupBy(f)`	ger en `Map` som grupperar värdena enligt f
	`xs.mkString(",")`	en kommaseparerad sträng med alla element
Iterable	`xs.zip(ys)`	ny samling med par (x, y); ”zippa ihop” xs och ys
	`xs.zipWithIndex`	ger en `Map` med par (x, index för x)
	`xs.sliding(n)`	ny samling av samlingar genom glidande ”fönster”
Seq	`xs.length`	samma som `xs.size`
	`xs :+ x`	ny samling med x sist efter xs
	`x +: xs`	ny samling med x före xs

Några användbara metoder på samlingar

Traversable	`xs.size`	antal elementet
	`xs.head`	första elementet
	`xs.last`	sista elementet
	`xs.take(n)`	ny samling med de första n elementet
	`xs.drop(n)`	ny samling utan de första n elementet
	`xs.foreach(f)`	gör `f` på alla element, returtyp `Unit`
	`xs.map(f)`	gör `f` på alla element, ger ny samling
	`xs.filter(p)`	ny samling med bara de element där p är sant
	`xs.groupBy(f)`	ger en `Map` som grupperar värdena enligt f
	`xs.mkString(",")`	en kommaseparerad sträng med alla element
Iterable	`xs.zip(ys)`	ny samling med par (x, y); ”zippa ihop” xs och ys
	`xs.zipWithIndex`	ger en `Map` med par (x, index för x)
	`xs.sliding(n)`	ny samling av samlingar genom glidande ”fönster”
Seq	`xs.length`	samma som `xs.size`
	`xs :+ x`	ny samling med x sist efter xs
	`x +: xs`	ny samling med x före xs

Minnesregel för `+:` och `:+` **Colon on the collection side**

Några användbara metoder på samlingar

Traversable	`xs.size`	antal elementet
	`xs.head`	första elementet
	`xs.last`	sista elementet
	`xs.take(n)`	ny samling med de första n elementet
	`xs.drop(n)`	ny samling utan de första n elementet
	`xs.foreach(f)`	gör `f` på alla element, returtyp `Unit`
	`xs.map(f)`	gör `f` på alla element, ger ny samling
	`xs.filter(p)`	ny samling med bara de element där p är sant
	`xs.groupBy(f)`	ger en `Map` som grupperar värdena enligt f
	`xs.mkString(",")`	en kommaseparerad sträng med alla element
Iterable	`xs.zip(ys)`	ny samling med par (x, y); ”zippa ihop” xs och ys
	`xs.zipWithIndex`	ger en `Map` med par (x, index för x)
	`xs.sliding(n)`	ny samling av samlingar genom glidande ”fönster”
Seq	`xs.length`	samma som `xs.size`
	`xs :+ x`	ny samling med x sist efter xs
	`x +: xs`	ny samling med x före xs

Minnesregel för `+:` och `:+` **Colon on the collection side**

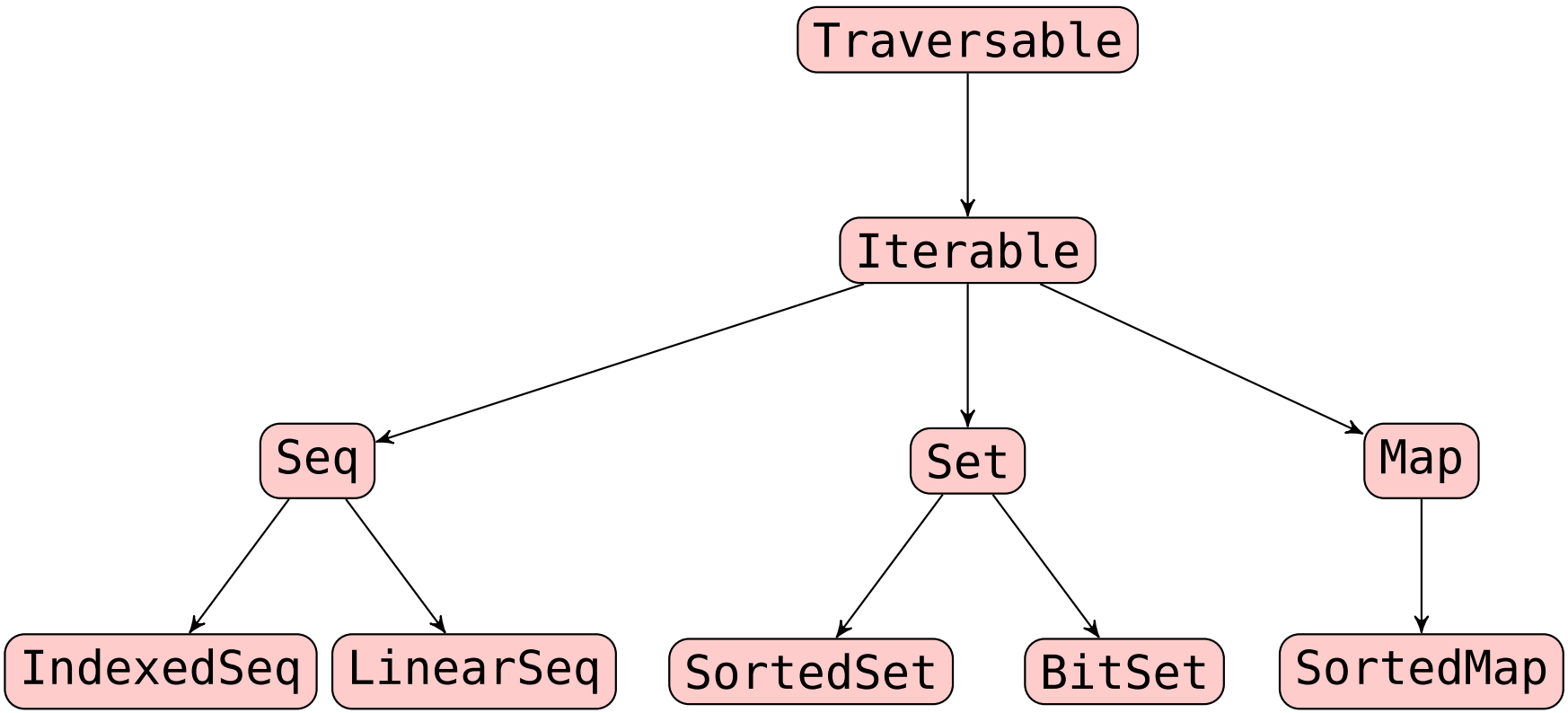
Prova fler samlingsmetoder ur snabbreferensen: `http://cs.lth.se/quickref`

Använda samlingsmetoder

```
scala> val tal = Vector(1,4,7,9,42)
tal: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(1, 4, 7, 9, 42)

scala> val jämna = tal.filter(_ % 2 == 0)
jämna: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(4, 42)

scala> val xs = Vector(("Kim","Smith"), ("Kim", "Jones"), ("Robin", "Smith"))
xs: scala.collection.immutable.Vector[(String, String)] = Vector((Kim,Smith),

scala> val grupperaEfterFörnamn = xs.groupBy(_._1)
grupperaEfterFörnamn: Map[String,Vector[(String, String)]] =
Map(Kim -> Vector((Kim,Smith), (Kim,Jones)), Robin -> Vector((Robin,Smith)))

scala> val grupperaEfterEfternamn = xs.groupBy(_._2)
grupperaEfterEfternamn: Map[String,Vector[(String, String)]] =
Map(Jones -> Vector((Kim,Jones)), Smith -> Vector((Kim,Smith), (Robin,Smith)))
```

Mer specifik samlingstyper i `scala.collection`

Det finns **mer specifika subtyper** av `Seq`, `Set` och `Map`:



`Vector` är en **`IndexedSeq`** medan **`List`** är en **`LinearSeq`**.

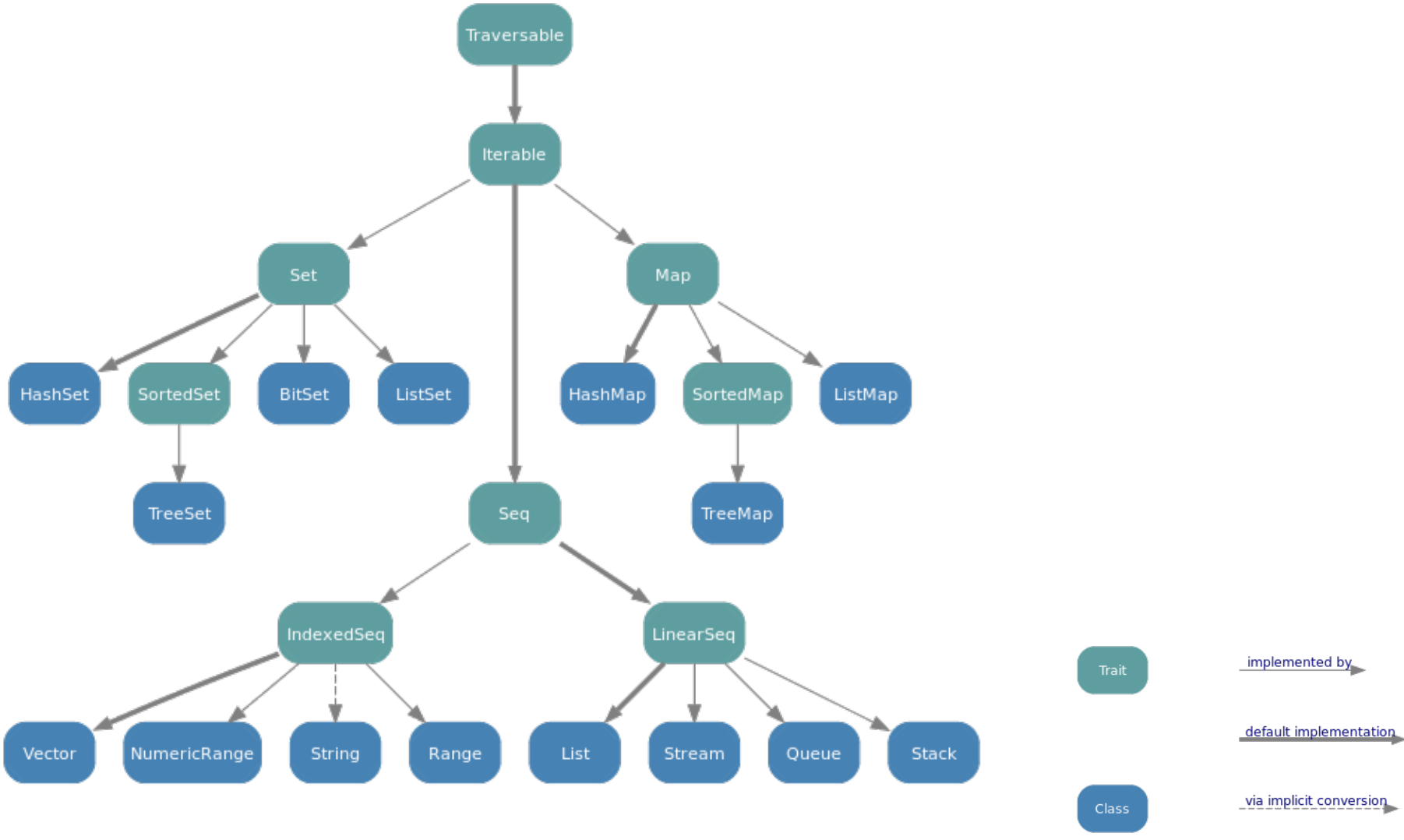
Några oföränderliga och förändringsbara sekvenssamlingar

```
scala.collection.immutable.Seq.
                              IndexedSeq.
                                         Vector
                                         Range
                              LinearSeq.
                                         List
                                         Queue
  scala.collection.mutable.Seq.
                              IndexedSeq.
                                         ArrayBuffer
                                         StringBuilder
                              LinearSeq.
                                         ListBuffer
                                         Queue
```

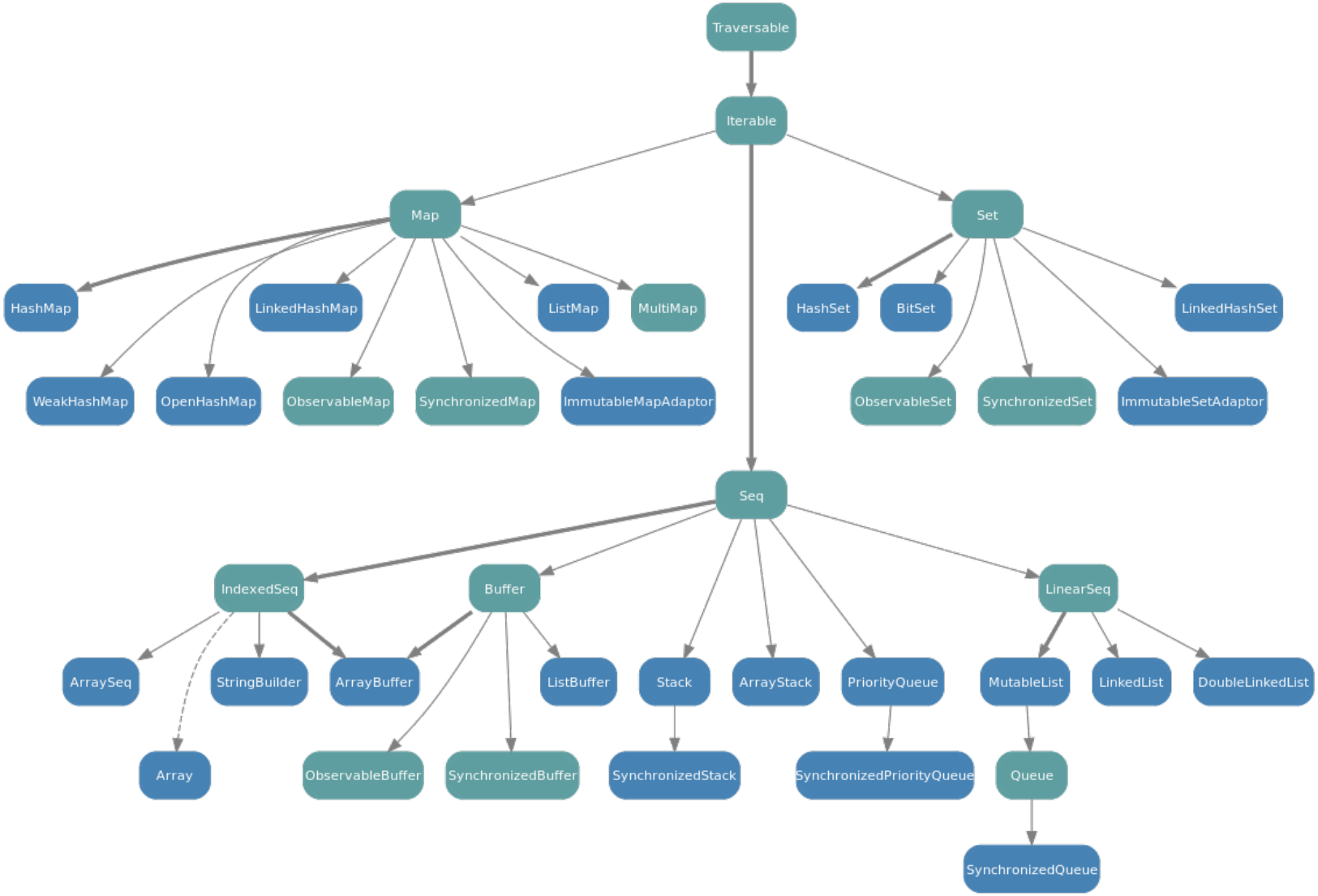
Studera samlingars egenskaper här:

docs.scala-lang.org/overviews/collections/overview

scala.collection.immutable



scala.collection.mutable



Strängar är implicit en `IndexedSeq[Char]`

Det finns en så kallad **implicit konvertering** mellan `String` och `IndexedSeq[Char]` vilket gör att **alla samlingsmetoder på Seq funkar även på strängar** och även flera andra smidiga strängmetoder erbjuds **utöver** de som finns i `java.lang.String` genom klassen `StringOps`.

```
scala> "hej".  //tryck på TAB och se alla strängmetoder
```

Detta är en stor fördel med Scala jämfört med många andra språk, som har strängar som inte kan allt som andra sekvenssamlingar kan.

`Vector` eller `List`?

stackoverflow.com/questions/6928327/when-should-i-choose-vector-in-scala

1. If we only need to transform sequences by operations like map, filter, fold etc: basically it does not matter, we should program our algorithm generically and might even benefit from accepting parallel sequences. For sequential operations List is probably a bit faster. But you should benchmark it if you have to optimize.
2. If we need a lot of random access and different updates, so we should use vector, list will be prohibitively slow.
3. If we operate on lists in a classical functional way, building them by prepending and iterating by recursive decomposition: use list, vector will be slower by a factor 10-100 or more.
4. If we have an performance critical algorithm that is basically imperative and does a lot of random access on a list, something like in place quick-sort: use an imperative data structure, e.g. ArrayBuffer, locally and copy your data from and to it.

stackoverflow.com/questions/20612729/how-does-scalas-vector-work

Mer om tids- och minneskomplexitet i fördjupningskursen och senare kurser.

Mängd: snabb innehållstest, garanterat dubblettfri

En **mängd** (eng. *set*) är en samling som **inte** kan innehålla **dubbletter** och som är snabb på att avgöra om ett element **finns eller inte** i mängden.

```
1  scala> var veg = Set.empty[String]
2  veg: scala.collection.immutable.Set[String] = Set()
3
4  scala> veg = veg + "Gurka"
5  veg: scala.collection.immutable.Set[String] = Set(Gurka)
6
7  scala> veg = veg ++ Set("Broccoli", "Tomat", "Gurka")
8  veg: scala.collection.immutable.Set[String] = Set(Gurka, Broccoli, Tomat)
9
10 scala> veg.contains("Gurka")
11 res0: Boolean = true
12
13 scala> veg.apply("Gurka")   // samma som contains
14 res1: Boolean = true
15
16 scala> veg("Morot")
17 res2: Boolean = false
```

Den fantastiska nyckel-värde-tabellen Map

- En **nyckel-värde-tabell** (eng. *key-value table*) är en slags generaliserad vektor där man kan ”indexera” med godtycklig typ.
- Kallas även **hashtabell** (eng. *hash table*), **lexikon** (eng. *dictionary*) eller kort och gott **mapp** (eng. *map*),
- En hashtabell är en **samling av par**, där varje par består av en **unik nyckel** och ett **värde**.
- Om man vet nyckeln kan man få fram värdet **snabbt**, på liknande sätt som indexering sker i en vektor om man vet heltalsindex.
- Denna datastruktur är **mycket användbar** och liknar en enkel databas.

```
1  scala> val födelse = Map("C" -> 1972,  "C++" -> 1983, "C#" -> 2000,
2    "Scala" -> 2004, "Java" -> 1995, "Javascript" -> 1995, "Python" -> 1991)
3
4  födelse: scala.collection.immutable.Map[String,Int] = Map(Scala -> 2004, C# ->
5
6  scala> födelse.apply("Scala")
7  res0: Int = 2004
8
9  scala> födelse("Java")
10 res1: Int = 1995
```

Exempel nyckel-värde-tabell

```
scala> val färg = Map("gurka" -> "grön", "tomat"->"röd", "aubergine"->"lila")
färg: scala.collection.immutable.Map[String,String] =
  Map(gurka -> grön, tomat -> röd, aubergine -> lila)

scala> färg("gurka")
res0: String = grön

scala> färg.keySet
res1: scala.collection.immutable.Set[String] = Set(gurka, tomat, aubergine)

scala> val ärGrönSak = färg.map(elem => (elem._1, elem._2 == "grön"))
ärGrönSak: Map[String,Boolean] = Map(gurka -> true, tomat -> false, aubergine

scala> val baklängesFärg = färg.mapValues(s => s.reverse)
baklängesFärg: Map[String,String] = Map(gurka -> nörg, tomat -> dör, aubergine
```

- `xs.keySet` ger en mängd av alla nycklar
- `xs.map(f)` mappar funktionen f på alla par av (key, value)
- `xs.mapValues(f)` mappar funktionen f på alla värden

Metoderna zipWithIndex, groupBy och mapValues

```
scala> val högaKort = Vector("Knekt", "Dam", "Kung", "Äss")

scala> val kortIndex = högaKort.zipWithIndex.toMap
kortIndex: Map[String,Int] = Map(Knekt -> 0, Dam -> 1, Kung -> 2, Äss -> 3)

scala> kortIndex("Kung") > kortIndex("Knekt")
res0: Boolean = true

scala> val xs = Vector(("Kim","Smith"), ("Kim", "Jones"), ("Robin", "Smith"))
xs: Vector[(String, String)] = Vector((Kim,Smith), (Kim,Jones), (Robin,Smith))

scala> val grupperaEfterFörnamn = xs.groupBy(_._1)
grupperaEfterFörnamn: Map[String,Vector[(String, String)]] =
Map(Kim -> Vector((Kim,Smith), (Kim,Jones)), Robin -> Vector((Robin,Smith)))

scala> val grupperaEfterEfternamn = xs.groupBy(_._2)
grupperaEfterEfternamn: Map[String,Vector[(String, String)]] =
Map(Jones -> Vector((Kim,Jones)), Smith -> Vector((Kim,Smith), (Robin,Smith)))

scala> val frekvens = xs.groupBy(_._1).mapValues(_.size)
frekvens: Map[String,Int] = Map(Kim -> 2, Robin -> 1)
```

Speciella metoder på förändringsbara samlingar

Både `Set` och `Map` finns i **förändringsbara** varianter med extra metoder för uppdatering av innehållet ”på plats” utan att nya samlingar skapas.

```
scala> import scala.collection.mutable

scala> val ms = mutable.Set.empty[Int]
ms: scala.collection.mutable.Set[Int] = Set()

scala> ms += 42
res0: ms.type = Set(42)

scala> ms += (1, 2, 3, 1, 2, 3); ms -= 1
res1: ms.type = Set(2, 42, 3)

scala> ms.mkString("Mängd: ", ", ", s" Antal: ${ms.size}")
res2: String = Mängd: 1, 2, 42, 3 Antal: 4

scala> val ordpar = mutable.Map.empty[String, String]
scala> ordpar += ("hej" -> "svejs", "abra" -> "kadabra", "ada" -> "lovelace")
scala> println(ordpar("abra"))
kadabra
```

Fler exempel på samlingsmetoder

Exempel: räkna bokstäver i ord.
Undersök vad som händer i REPL:

```
val ord = "sex laxar i en laxask sju sjösjuka sjömän"
val uppdelad = ord.split(' ').toVector
val ordlängd = uppdelad.map(_.length)
val ordlängMap = uppdelad.map(s => (s, s.size)).toMap
val grupperaEfterFörstaBokstav = uppdelad.groupBy(s => s(0))
val bokstäver = ord.toVector.filter(_ != ' ')
val antalX = bokstäver.count(_ == 'x')
val grupperade = bokstäver.groupBy(ch => ch)
val antal = grupperade.map(kv => (kv._1, kv._2.size))
val sorterat = antal.toVector.sortBy(_._2)
val vanligast = antal.maxBy(_._2)
```

Jobba med föränderlig samling lokalt; returnera oföränderlig samling när du är klar

Om du vill implementera en imperativ algoritm med en föränderlig samling: Gör gärna detta **lokalt** i en **förändringsbar** samling och returnera sedan en **oföränderlig** samling, genom att köra t.ex. `toSet` på en mängd, eller `toMap` på en hashtabell, eller `toVector` på en `ArrayBuffer` eller `Array`.

```
scala> :paste
def kastaTärningTillsAllaUtfallUtomEtt(sidor: Int = 6) = {
  val s = scala.collection.mutable.Set.empty[Int]
  var n = 0
  while (s.size < sidor - 1) {
    s += (math.random * sidor + 1).toInt
    n += 1
  }
  (n, s.toSet)
}
scala> kastaTärningTillsAllaUtfallUtomEtt()
res0: (Int, scala.collection.immutable.Set[Int]) = (13,Set(5, 1, 6, 2, 3))
```

Integrerad utvecklingsmiljö (IDE)

Välja IDE

- En **integrerad utvecklingsmiljö** (eng. *Integrated Development Environment, IDE*) innehåller
  editor + kompilator + debugger + en massa annat
  och gör utvecklingen enklare när man lärt sig alla finesser.
- Läs om vad en IDE kan göra i appendix D
  (ingår i labbförberedelserna för lab `pirates`).

Välja IDE

- En **integrerad utvecklingsmiljö** (eng. *Integrated Development Environment, IDE*) innehåller
  editor + kompilator + debugger + en massa annat
  och gör utvecklingen enklare när man lärt sig alla finesser.
- Läs om vad en IDE kan göra i appendix D
  (ingår i labbförberedelserna för lab `pirates`).
- På LTH:s datorer finns två populära IDE installerade:
  1. **Eclipse** med plugin **ScalaIDE** förinstallerad

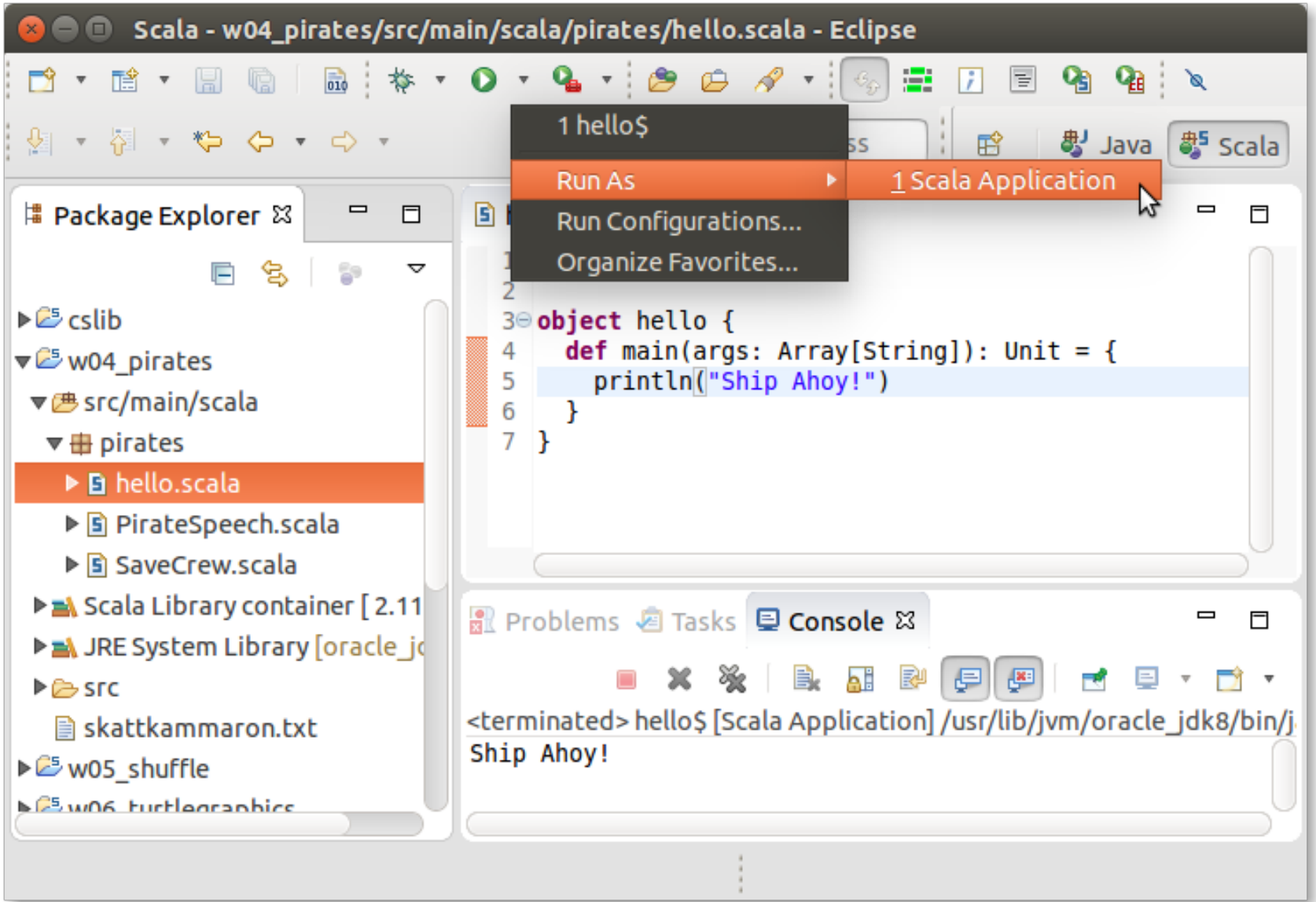
     ```
     $ scalaide
     ```

  2. **IntelliJ IDEA** (välj installera Scala-plugin när du kör första gången)

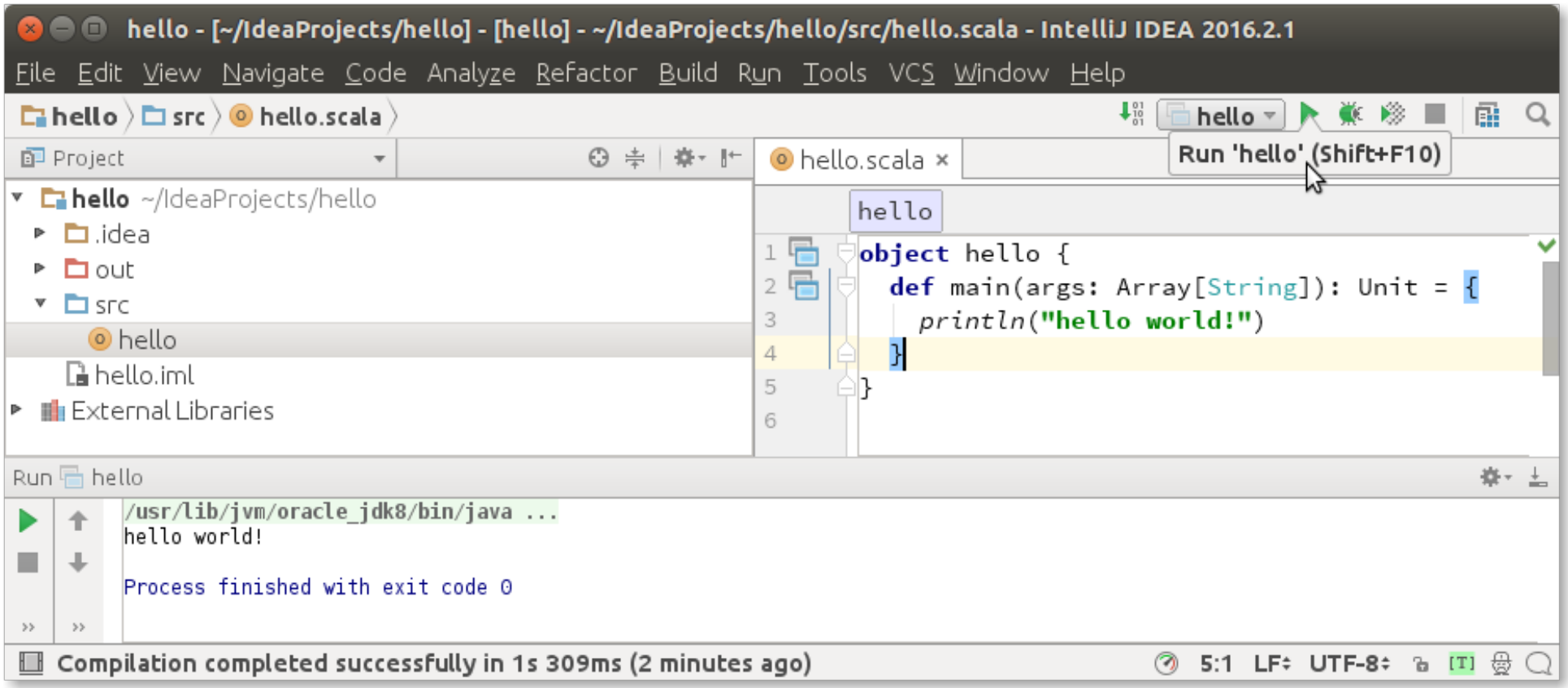
     ```
     $ idea
     ```

  Läs mer om dessa i appendix D innan du väljer vilken du vill lära dig.
  Där står även hur du installerar dem på din egen dator.
  Flest handledare har störst vana vid Eclipse.

Eclipse med ScalaIDE



IntelliJ IDEA med Scala-plugin



Denna veckas övning: `data`

- Kunna skapa och använda tupler, som variabelvärden, parametrar och returvärden.
- Förstå skillnaden mellan ett objekt och en klass och kunna förklara betydelsen av begreppet instans.
- Kunna skapa och använda attribut som medlemmar i objekt och klasser och som som klassparametrar.
- Beskriva innebörden av och syftet med att ett attribut är privat.
- Kunna byta ut implementationen av metoden `toString`.
- Kunna skapa och använda en objektfabrik med metoden `apply`.
- Kunna skapa och använda en enkel case-klass.
- Kunna använda operatornotation och förklara relationen till punktnotation.
- Förstå konsekvensen av uppdatering av föränderlig data i samband med multipla referenser.
- Känna till och kunna använda några grundläggande metoder på samlingar.
- Känna till den principiella skillnaden mellan `List` och `Vector`.
- Kunna skapa och använda en oföränderlig mängd med klassen `Set`.
- Förstå skillnaden mellan en mängd och en sekvens.
- Kunna skapa och använda en nyckel-värde-tabell, `Map`.
- Förstå likheter och skillnader mellan en `Map` och en `Vektor`.

Denna veckas laboration: `pirates`

- Kunna använda en integrerad utvecklingsmiljö (IDE).
- Kunna använda färdiga funktioner för att läsa till, och skriva från, textfil.
- Kunna använda enkla case-klasser.
- Kunna skapa och använda enkla klasser med föränderlig data.
- Kunna använda samlingstyperna `Vector` och `Map`.
- Kunna skapa en ny samling från en befintlig samling.
- Förstå skillnaden mellan kompileringsfel och exekveringsfel.
- Kunna felsöka i små program med hjälp av utskrifter.
- Kunna felsöka i små program med hjälp av en debugger i en IDE.