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 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`
- Laboration `pirates`
- Börja använda en integrerad utvecklingsmiljö (IDE), labbförberedelse: Läs appendix D och få igång din 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**.

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 nyckelordet **`private`** blir medlemmen privat och syns inte.

```
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.ålder = 18
12 <console>: error: value ålder_= is not a member of Person
13        björn.ålder = 18
14
15 scala> björn.längd
16 <console>: error: value längd is not a member of Person
17        björn.längd
```

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

Default synlighet för klassparametrar: `private val`

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

Tillstånd 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 topptypen `Any`

Any har metoden toString

Överskugga `toString`

Objektfabrik i kompanjonsobjekt

Förändringsbara och oföränderliga objekt

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

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

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

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

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 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**...

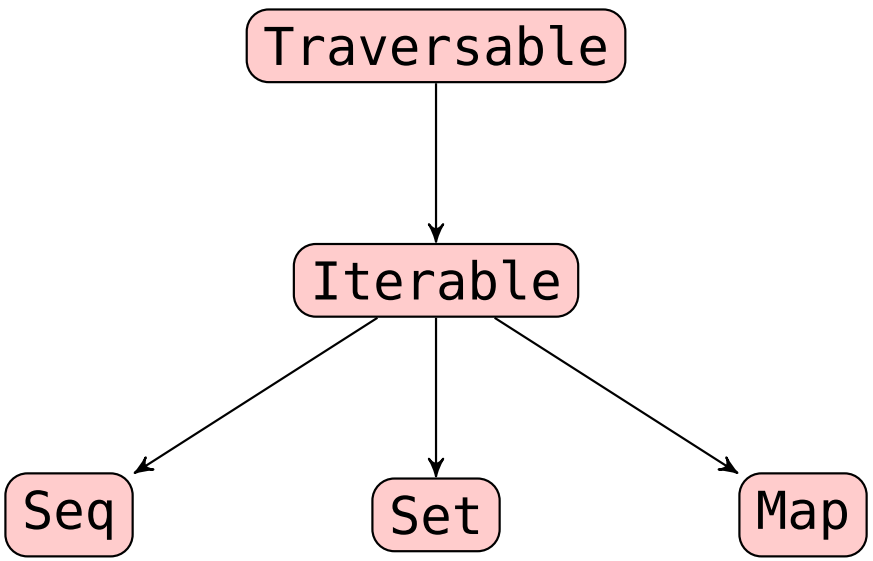
```
scala> case class Point(x: Int, y: Int)

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)
```

Samlingar

Vad är en samling?

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

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)

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`, utan det finns 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
Iterable		
	`xs.zip(ys)`	ny samling med par (x, y); ”zippa ihop” xs och ys
	`xs.zipWithIndex`	ny samling 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

`Iterable`

`xs.zip(ys)`	ny samling med par (x, y); ”zippa ihop” xs och ys
`xs.zipWithIndex`	ny samling 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

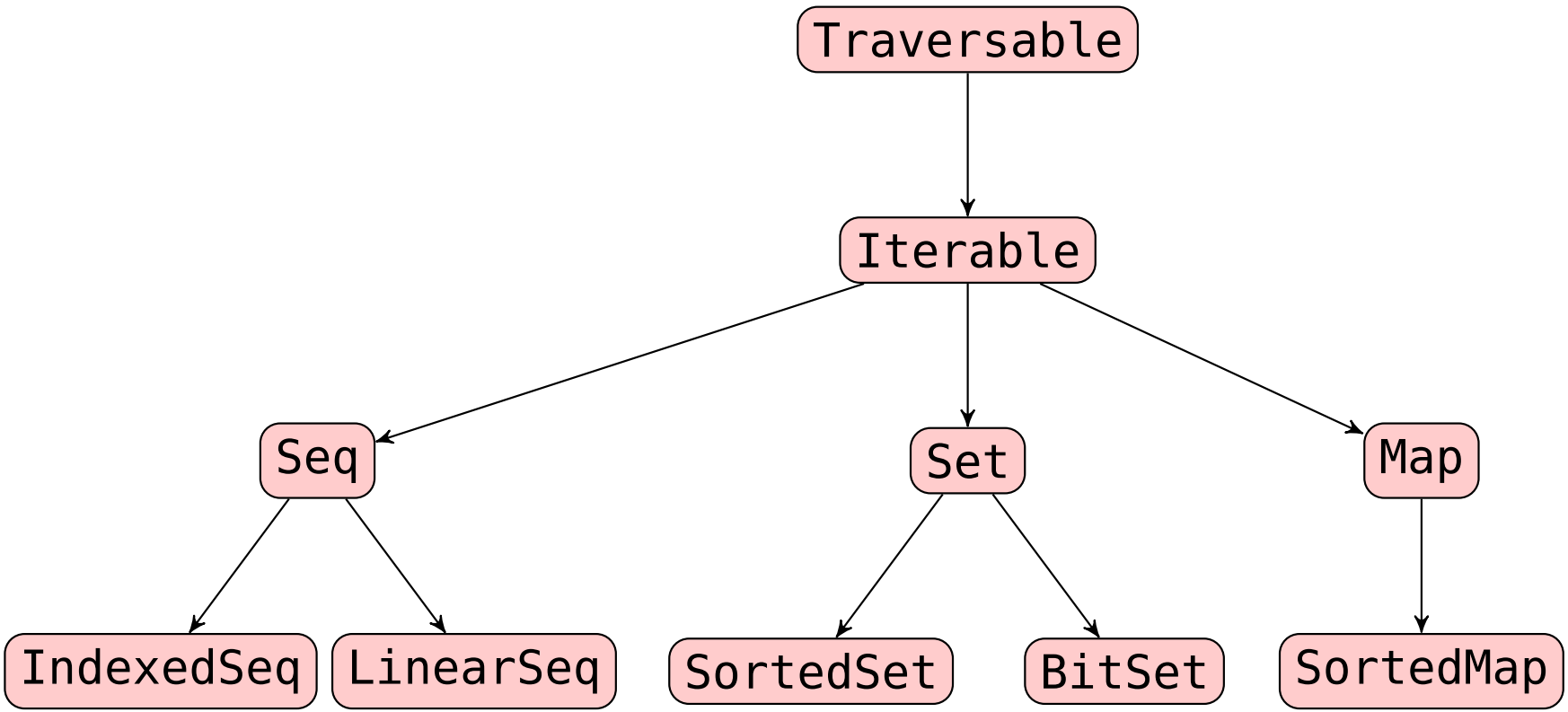
Traversable		
	`xs.size`	antal elementet
	`xs.head`	första elementet
	`xs.last`	sista elementet
	`xs.take(n)`	ny samling med de första n elementet
	`xs.drop(n)`	ny samling utan de första n elementet
	`xs.foreach(f)`	gör `f` på alla element, returtyp `Unit`
	`xs.map(f)`	gör `f` på alla element, ger **ny** samling
Iterable		
	`xs.zip(ys)`	ny samling med par (x, y); ”zippa ihop” xs och ys
	`xs.zipWithIndex`	ny samling 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 genom att noga studera `http://cs.lth.se/quickref`

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`.

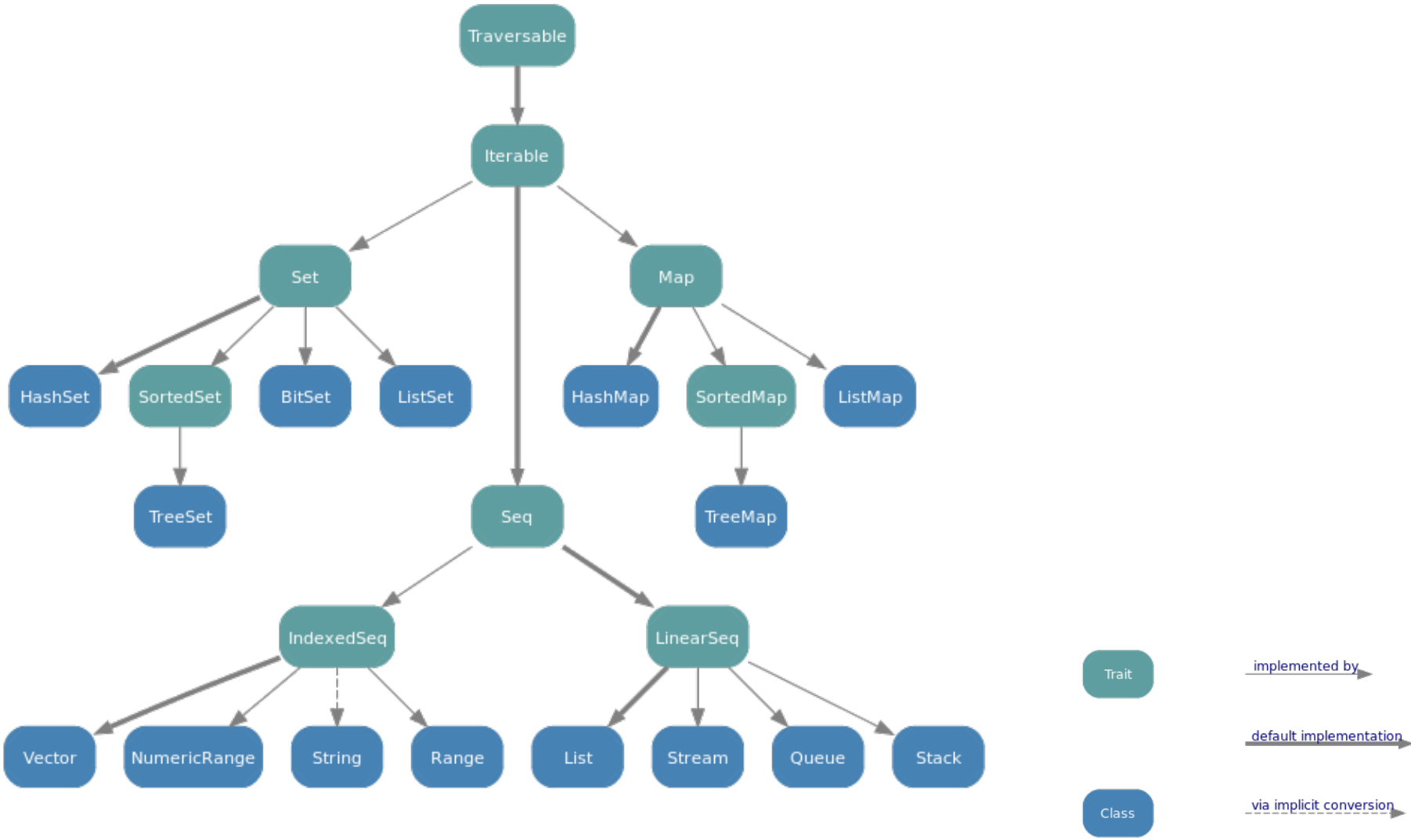
Några oföränderliga och förändringsbara sekvenssamlingar

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

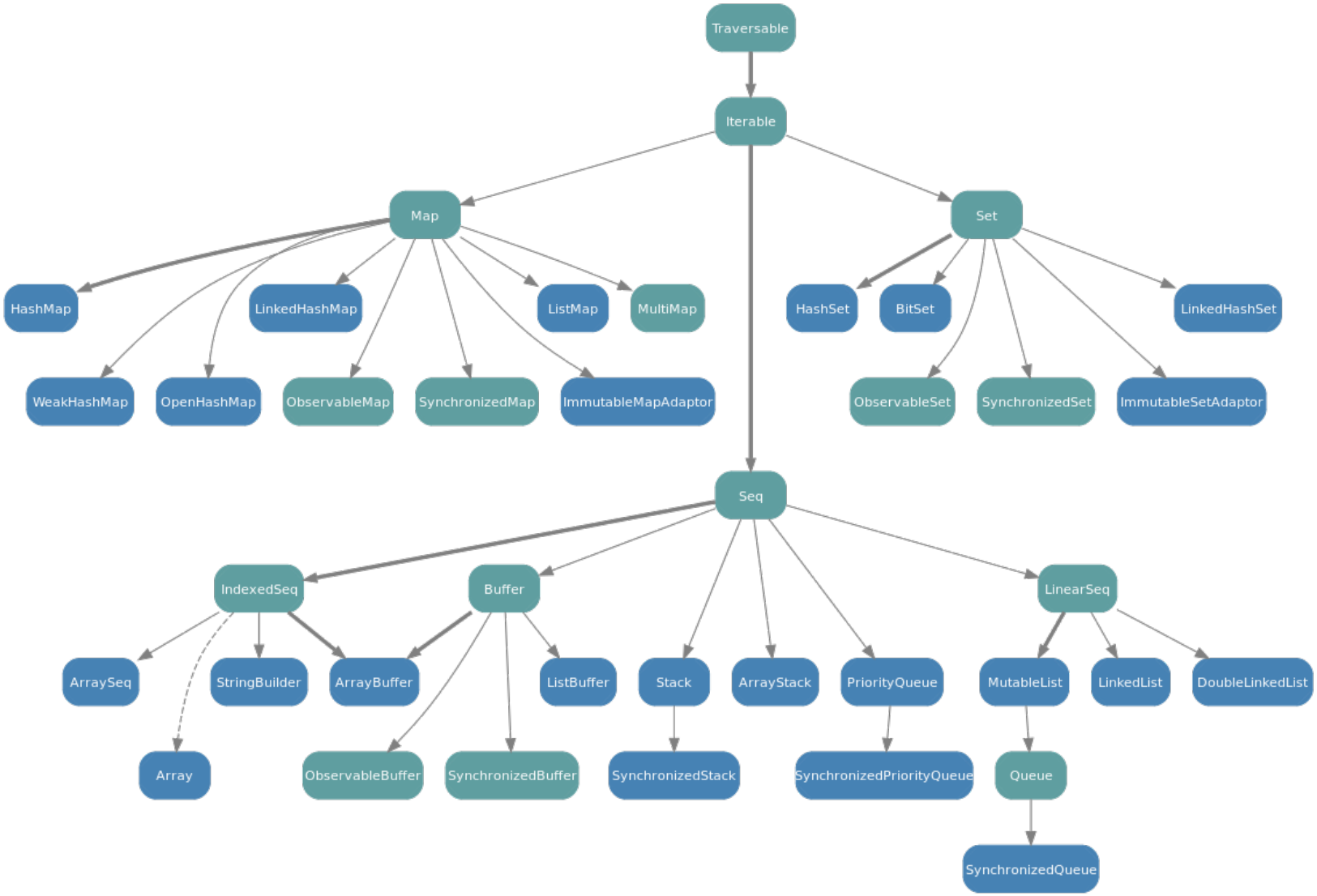
Studera samlingars egenskaper här:

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

scala.collection.immutable



scala.collection.mutable



`Vector` eller `List`?

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

- 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.
- If we need a lot of random access and different updates, so we should use vector, list will be prohibitively slow.
- 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.
- 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.

Speciella metoder på förändringsbara samlingar

Mängd för snabb innehållstest, granterat dublettfri

Den fantastiska nyckel-värde-tabellen Map

Integrerad utvecklingsmiljö (IDE)

Välja IDE

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.