EDAA45 Programmering, grundkurs

Läsvecka 7: Arv

Björn Regnell

Datavetenskap, LTH

Lp1-2, HT 2016

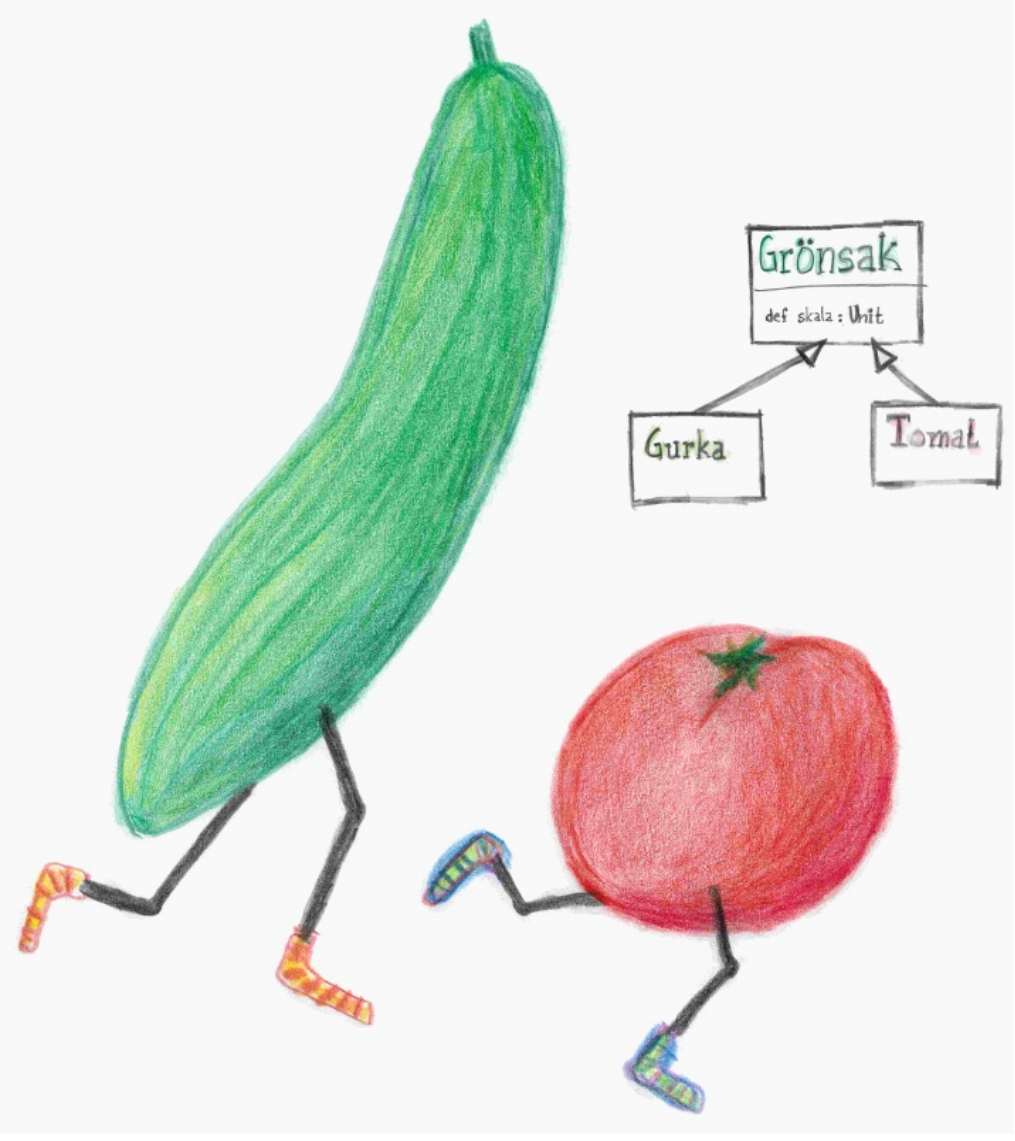
7 Arv

- Vad är arv?
- Uppräknade värden
- Exempel: Shape
- Överskuggingsregler
- `super`
- Trait eller abstrakt klass?
- Nästa vecka: kontrollskrivning
- Veckans uppgifter

Vad är arv?

Vad är arv?

Med arv kan man beskriva relationen
X **är en** *Y*



Varför behövs arv?

- Man kan använda arv för att dela upp kod i:
  - **generella** (gemensamma) delar och
  - **specifika** (specialanpassade) delar.
- Man kan åstadkomma **kontrollerad flexibilitet**:
  - Klientkod kan **utvidga** (eng. *extend*) ett givet API med egna specifika tillägg.
- Man kan använda arv för att deklarera en gemensam **bastyp** så att generiska samlingar kan ges en mer specifik elementtyp.
  - Det räcker att man vet bastypen för att kunna anropa gemensamma metoder på alla element i samlingen.

Behovet av gemensam bastyp

```
scala> class Gurka(val vikt: Int)

scala> class Tomat(val vikt: Int)

scala> val gurkor = Vector(new Gurka(200), new Gurka(300))
gurkor: scala.collection.immutable.Vector[Gurka] =
  Vector(Gurka@60856961, Gurka@2fd953a6)

scala> gurkor.map(_.vikt)
res0: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(200, 300)

scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Object] =
  Vector(Gurka@669253b7, Tomat@5305c37d)

scala> grönsaker.map(_.vikt)
<console>:15: error: value vikt is not a member of Object
       grönsaker.map(_.vikt)
```

Hur ordna en mer specifik typ än `Vector[Object]`?

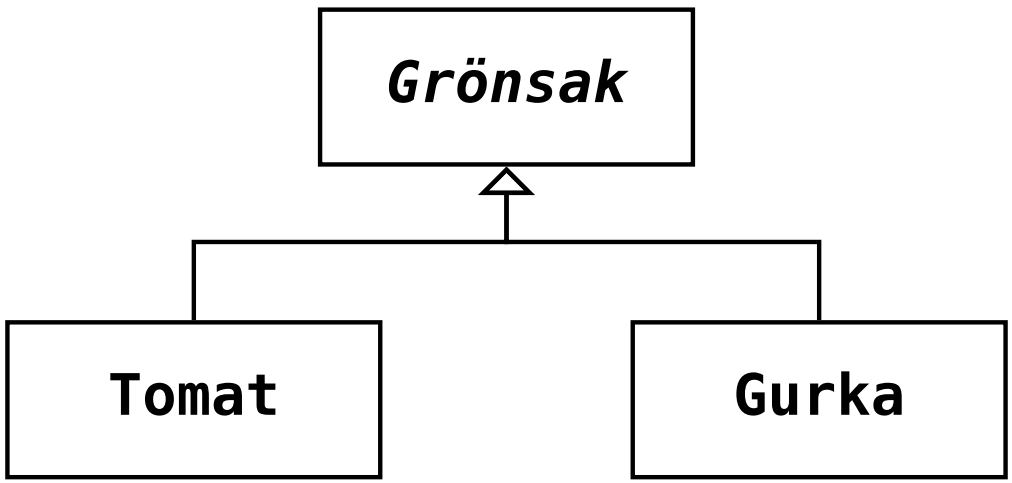
Behovet av gemensam bastyp

```
1  scala> class Gurka(val vikt: Int)
2
3  scala> class Tomat(val vikt: Int)
4
5  scala> val gurkor = Vector(new Gurka(200), new Gurka(300))
6  gurkor: scala.collection.immutable.Vector[Gurka] =
7    Vector(Gurka@60856961, Gurka@2fd953a6)
8
9  scala> gurkor.map(_.vikt)
10 res0: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(200, 300)
11
12 scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
13 grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Object] =
14   Vector(Gurka@669253b7, Tomat@5305c37d)
15
16 scala> grönsaker.map(_.vikt)
17 <console>:15: error: value vikt is not a member of Object
18        grönsaker.map(_.vikt)
```

Hur ordna en mer specifik typ än `Vector[Object]`? → Skapa en **bastyp**!

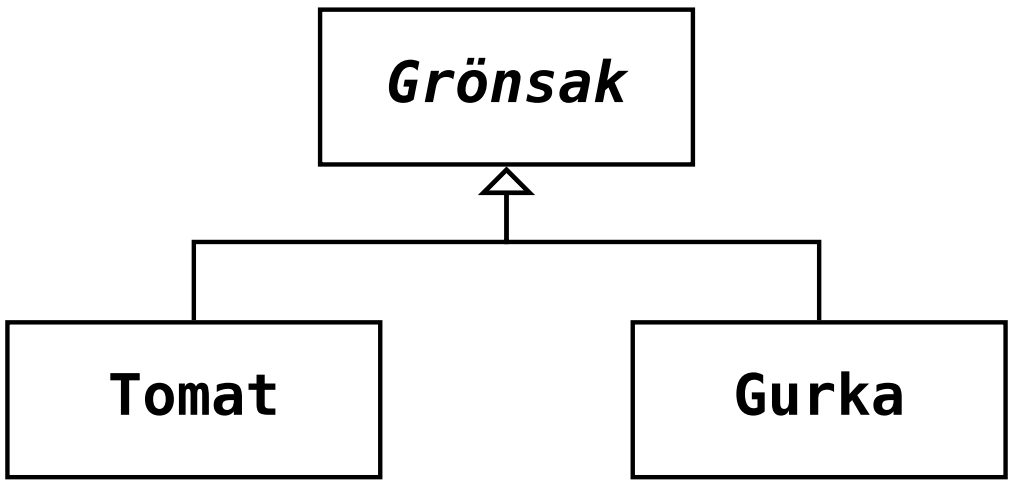
Skapa en gemensam bastyp

Typen ***Grönsak*** är en **bastyp** i nedan arvshierarki:



Skapa en gemensam bastyp

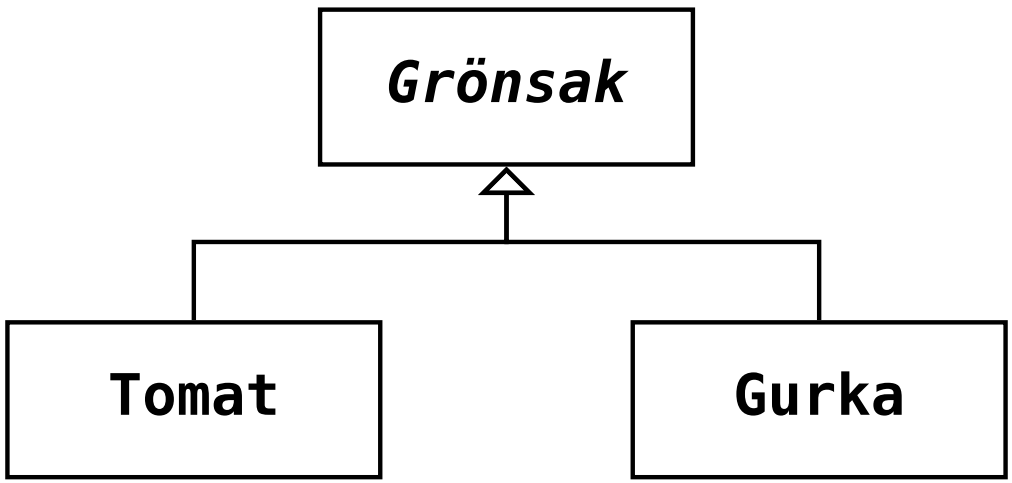
Typen ***Grönsak*** är en **bastyp** i nedan arvshierarki:



Pilen ⇑ betecknar **arv** och utläses ”**är en**”

Skapa en gemensam bastyp

Typen ***Grönsak*** är en **bastyp** i nedan arvshierarki:



Pilen ⇧ betecknar **arv** och utläses ”**är en**”

Typerna `Tomat` och `Gurka` är **subtyper** till den **abstrakta** typen `Grönsak`.

Skapa en gemensam bastyp med `trait` och `extends`

Med **`trait`** `Grönsak` kan klasserna `Gurka` och `Tomat` få en gemensam **bastyp** genom att båda **subtyperna** gör **`extends`** `Grönsak`:

```
1  scala> trait Grönsak
2
3  scala> class Gurka(val vikt: Int) extends Grönsak
4
5  scala> class Tomat(val vikt: Int) extends Grönsak
6
7  scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
8  grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Grönsak] =
9    Vector(Gurka@3dc4ed6f, Tomat@2823b7c5)
```

Skapa en gemensam bastyp med `trait` och `extends`

Med **`trait`** `Grönsak` kan klasserna `Gurka` och `Tomat` få en gemensam **bastyp** genom att båda **subtyperna** gör **`extends`** `Grönsak`:

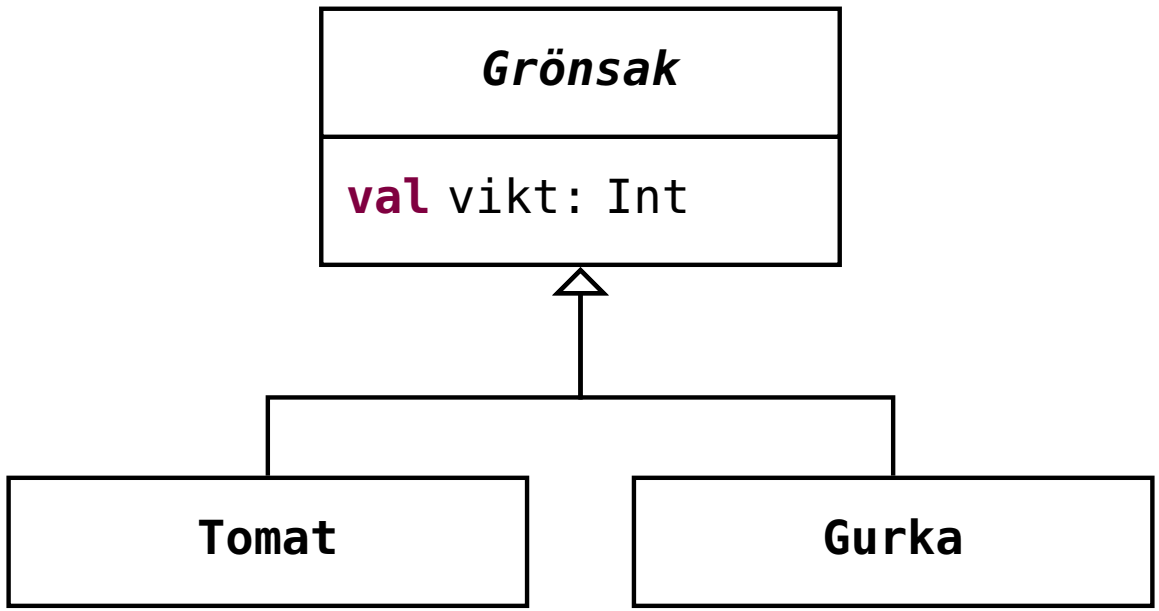
```
1  scala> trait Grönsak
2
3  scala> class Gurka(val vikt: Int) extends Grönsak
4
5  scala> class Tomat(val vikt: Int) extends Grönsak
6
7  scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
8  grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Grönsak] =
9    Vector(Gurka@3dc4ed6f, Tomat@2823b7c5)
```

Men det är fortfarande inte som vi vill ha det:

```
scala> grönsaker.map(_.vikt)
<console>:15: error: value vikt is not a member of Grönsak
       grönsaker.map(_.vikt)
```

En gemensam bastyp med gemensamma delar

Placera gemensamma medlemmar i bastypen:



- Alla grönsaker har attributet `val vikt`.
- Det specifika värdet på vikten definieras **inte** i bastypen.
- Medlemen `vikt` kallas **abstrakt** eftersom den **saknar implementation**.

Placera gemensamma delar i bastypen

Vi inkluderar det gemensamma attributet `val vikt` som en **abstrakt medlem** i bastypen:

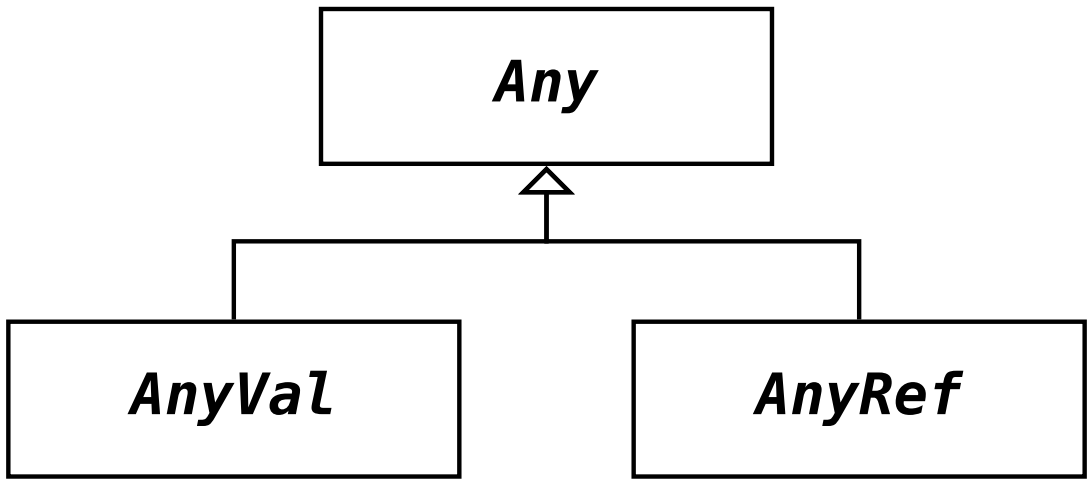
```
trait Grönsak { val vikt: Int }

class Gurka(val vikt: Int) extends Grönsak

class Tomat(val vikt: Int) extends Grönsak
```

Nu vet kompilatorn att alla grönsaker har en vikt:

```
1  scala> val grönsaker = Vector(new Gurka(200), new Tomat(42))
2  grönsaker: scala.collection.immutable.Vector[Grönsak] =
3    Vector(Gurka@3dc4ed6f, Tomat@2823b7c5)
4
5  scala> grönsaker.map(_.vikt)
6  res0: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(200, 42)
```

Scalas typhierarki och typen `Object`

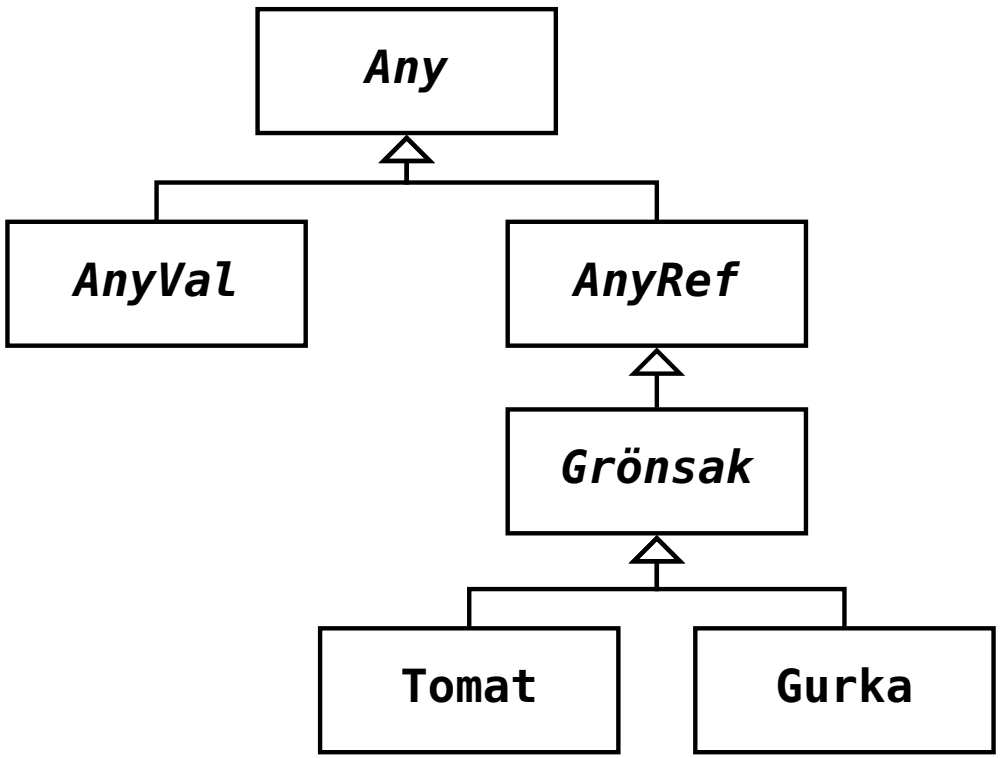
Den översta delen av typhierarkin i Scala:



- De numeriska typerna `Int`, `Double`, etc är subtyper till **`AnyVal`** och kallas **värdetyper** och lagras på ett speciellt, effektivt sätt i minnet.
- Alla dina egna klasser är subtyper till **`AnyRef`** och kallas **referenstyper** och kräver (direkt eller indirekt) konstruktion med **`new`**.
- `AnyRef` motsvaras av **`java.lang.Object`** i JVM.

Implicita supertyper till dina egna klasser

Alla dina egna typer ingår underförstått i Scalas typhierarki:



Vad är en trait?

- **Trait** betyder **egenskap** på engelska.
- En trait liknar en klass, **men** speciella regler gäller:
  - den **kan** innehålla delar som **saknar implementation**
  - den **kan mixas** med flera andra traits så att olika koddelar kan återanvändas på flexibla sätt.
  - den **kan inte** instansieras direkt som den är; den måste återanvändas genom arv.
  - den **kan inte** ha klassparametrar eller konstruktorer

Vad är en trait?

- **Trait** betyder **egenskap** på engelska.
- En trait liknar en klass, **men** speciella regler gäller:
  - den **kan** innehålla delar som **saknar implementation**
  - den **kan mixas** med flera andra traits så att olika koddelar kan återanvändas på flexibla sätt.
  - den **kan inte** instansieras direkt som den är; den måste återanvändas genom arv.
  - den **kan inte** ha klassparametrar eller konstruktorer
- Jämförelse med Java:
  - En Scala-trait liknar det som i Java kallas `interface`, men man kan göra mer med Scala-traits: färre begränsningar, fler abstraktionsmöjligheter.
  - En Scala-trait med enbart abstrakta medlemmar kompileras till bytekod i JVM:en som kan användas från Java-kod precis som ett Java-interface.

Vad används en trait till?

En **`trait`** används för att skapa en bastyp som kan vara hemvist för gemensamma delar hos subtyper:

```
trait Bastyp { val x = 42 }                    // Bastyp har medlemmen x
class Subtyp1 extends Bastyp { val y = 43 } // Subtyp1 ärver x, har även y
class Subtyp2 extends Bastyp { val z = 44 } // Subtyp2 ärver x, har även z
```

Vad används en trait till?

En **`trait`** används för att skapa en bastyp som kan vara hemvist för gemensamma delar hos subtyper:

```
trait Bastyp { val x = 42 }                    // Bastyp har medlemmen x
class Subtyp1 extends Bastyp { val y = 43 } // Subtyp1 ärver x, har även y
class Subtyp2 extends Bastyp { val z = 44 } // Subtyp2 ärver x, har även z
```

```
1  scala> val a = new Subtyp1
2  a: Subtyp1 = Subtyp1@51016012
3
4  scala> a.x
5  res0: Int = 42
6
7  scala> a.y
8  res1: Int = 43
9
10 scala> a.z
11 <console>:15: error: value z is not a member of Subtyp1
12
13 scala> new Bastyp
14 <console>:13: error: trait Bastyp is abstract; cannot be instantiated
```

En trait kan ha abstrakta medlemmar

```
trait X { val x: Int }   // x är abstrakt, d.v.s. saknar implementation
class A extends X { val x = 42 }   // x ges en implementation
class B extends X { val x = 43 }   // x ges en annan implementation
```

En trait kan ha abstrakta medlemmar

```
trait X { val x: Int }   // x är abstrakt, d.v.s. saknar implementation
class A extends X { val x = 42 }   // x ges en implementation
class B extends X { val x = 43 }   // x ges en annan implementation
```

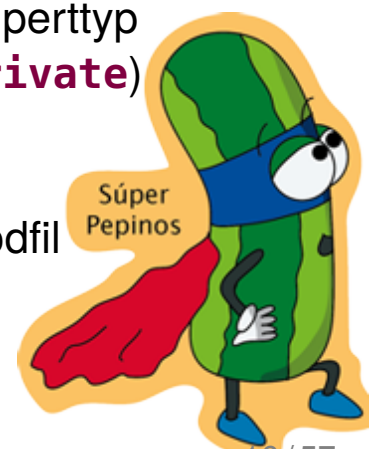
```
scala> val a = new A
a: A = A@5faeada1

scala> val b = new B
b: B = B@cb51256

scala> val xs = Vector(a,b)
xs: scala.collection.immutable.Vector[X] = Vector(A@5faeada1, B@cb51256)

scala> xs.map(_.x)
res0: scala.collection.immutable.Vector[Int] = Vector(42, 43)

scala> class Y { val y: Int }
  error: class Y needs to be abstract, since value y is not defined

scala> trait Z(x: Int)
  error: traits or objects may not have parameters
```

Terminologi och nyckelord

subtyp	en typ som ärver en supertyp
supertyp	en typ som ärvs av en subtyp
bastyp	en typ som är rot i ett arvsträd
abstrakt medlem	en medlem som saknar implementation
konkret medlem	en medlem som ej saknar implementation
abstrakt typ	en typ som kan ha abstrakta medlemmar; kan ej instansieras
konkret typ	en typ som ej har abstrakta medlemmar; kan instansieras
`class`	en klass är en konkret typ som **ej kan ha abstrakta medlemmar**
`abstract class`	en klass är en abstrakt typ som **kan ha parametrar**
`trait`	är en abstrakt typ som **ej kan ha parametrar** men **kan mixas in**
`extends`	står före en supertyp, medför arv av supertypens medlemmar
`override`	en medlem överskuggar (byter ut) en medlem i en superttyp
`protected`	gör en medlem synlig i subtyper till denna typ (jmf `private`)
`final gurka`	gör medlemen gurka final: förhindrar överskuggning
`final class`	gör klassen final: förhindrar vidare subtypning
`sealed trait`	förseglad trait: bara de direkta subtyperna i denna kodfil
`super.gurka`	refererar till supertypens medlem `gurka` (jmf `this`)

Terminologi och nyckelord

subtyp	en typ som ärver en supertyp
supertyp	en typ som ärvs av en subtyp
bastyp	en typ som är rot i ett arvsträd
abstrakt medlem	en medlem som saknar implementation
konkret medlem	en medlem som ej saknar implementation
abstrakt typ	en typ som kan ha abstrakta medlemmar; kan ej instansieras
konkret typ	en typ som ej har abstrakta medlemmar; kan instansieras
`class`	en klass är en konkret typ som **ej kan ha abstrakta medlemmar**
`abstract class`	en klass är en abstrakt typ som **kan ha parametrar**
`trait`	är en abstrakt typ som **ej kan ha parametrar** men **kan mixas in**
`extends`	står före en supertyp, medför arv av supertypens medlemmar
`override`	en medlem överskuggar (byter ut) en medlem i en superttyp
`protected`	gör en medlem synlig i subtyper till denna typ (jmf `private`)
`final gurka`	gör medlemen gurka final: förhindrar överskuggning
`final class`	gör klassen final: förhindrar vidare subtypning
`sealed trait`	förseglad trait: bara de direkta subtyperna i denna kodfil
`super.gurka`	refererar till supertypens medlem `gurka` (jmf `this`)



Abstrakta och konkreta medlemmar

```
1  object exempelVego1 {
2
3    trait Grönsak {
4      def skala(): Unit
5      var vikt: Double
6      val namn: String
7      var ärSkalad: Boolean = false
8      override def toString = s"$namn ${if (!ärSkalad) "o" else ""}skalad $vikt g"
9    }
10
11   class Gurka(var vikt: Double) extends Grönsak {
12     val namn = "gurka"
13     def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
14       println("Gurkan skalas med skalare.")
15       vikt = 0.99 * vikt
16       ärSkalad = true
17     }
18   }
19
20   class Tomat(var vikt: Double) extends Grönsak {
21     val namn = "tomat"
22     def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
23       println("Tomaten skalas genom skållning.")
24       vikt = 0.99 * vikt
25       ärSkalad = true
26     }
27   }
28 }
```

Undvika kodduplicering med hjälp av arv

```
1  object exempelVego2 {
2
3    trait Grönsak {  // innehåller alla gemensamma delar; hjälper oss undvika upprepning
4      val skalningsmetod: String
5      val skalfaktor = 0.99
6      def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
7        println(skalningsmetod)
8        vikt = skalfaktor * vikt
9        ärSkalad = true
10     }
11     var vikt: Double
12     val namn: String
13     var ärSkalad: Boolean = false
14     override def toString = s"$namn ${if (!ärSkalad) "o" else ""}skalad $vikt g"
15   }
16
17   class Gurka(var vikt: Double) extends Grönsak { // bara det som är speciellt för gurkor
18     val namn = "gurka"
19     val skalningsmetod = "Skalas med skalare."
20   }
21
22   class Tomat(var vikt: Double) extends Grönsak { // bara det som är speciellt för tomater
23     val namn = "tomat"
24     val skalningsmetod = "Skållas."
25   }
26 }
```

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå
- Fler kodrader som påverkas vid tillägg

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå
- Fler kodrader som påverkas vid tillägg
- Fler kodrader att underhålla:
  - Om man rättar en bug på ett ställe måste man komma ihåg att göra **exakt samma ändring** på alla de ställen där kodduplicering förekommer $\rightarrow$ **risk för nya buggar**

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå
- Fler kodrader som påverkas vid tillägg
- Fler kodrader att underhålla:
  - Om man rättar en bug på ett ställe måste man komma ihåg att göra **exakt samma ändring** på alla de ställen där kodduplicering förekommer → **risk för nya buggar**
- Principen på engelska:
  DRY == `"Don't Repeat Yourself!"`

Varför kan kodduplicering orsaka problem?

- Mer att skriva (inte jättestort problem)
- Fler kodrader att läsa och förstå
- Fler kodrader som påverkas vid tillägg
- Fler kodrader att underhålla:
  - Om man rättar en bug på ett ställe måste man komma ihåg att göra **exakt samma ändring** på alla de ställen där kodduplicering förekommer → **risk för nya buggar**
- Principen på engelska:
  `DRY == "Don't Repeat Yourself!"`
- Men det kan finnas tillfällen när kodduplicering faktiskt är att föredra: t.ex. om man vill att olika delar av koden ska vara helt oberoende av varandra.

Överskuggning

```
1  object exempelVego3 {
2
3    trait Grönsak {
4      val skalningsmetod: String
5      val skalfaktor = 0.99
6      def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
7        println(skalningsmetod)
8        vikt = skalfaktor * vikt
9        ärSkalad = true
10     }
11     var vikt: Double
12     val namn: String
13     var ärSkalad: Boolean = false
14     override def toString = s"$namn ${if (!ärSkalad) "o" else ""}skalad $vikt g"
15   }
16
17   class Gurka(var vikt: Double) extends Grönsak {
18     val namn = "gurka"
19     val skalningsmetod = "Skalas med skalare."
20   }
21
22   class Tomat(var vikt: Double) extends Grönsak {
23     val namn = "tomat" //nyckelordet override behövs ej vid abstrakt medlem, men tillåtet:
24     override val skalningsmetod = "Skållas."
25 //  override val skalningmetod = "Skållas." //kompilatorn hittar felet (stavfel, s saknas)
26     override val skalfaktor = 0.95  //överskuggning: override måste anges vid ny impl.
27   }
28 }
```

En final medlem kan ej överskuggas

```
1  object exempelVego4 {
2
3    trait Grönsak {
4      val skalningsmetod: String
5      final val skalfaktor = 0.99              // en final medlem kan ej överskuggas
6      def skala(): Unit = if (!ärSkalad) {
7        println(skalningsmetod)
8        vikt = skalfaktor * vikt
9        ärSkalad = true
10     }
11     var vikt: Double
12     val namn: String
13     var ärSkalad: Boolean = false
14     override def toString = s"$namn ${if (!ärSkalad) "o" else ""}skalad $vikt g"
15   }
16
17   class Gurka(var vikt: Double) extends Grönsak {
18     val namn = "gurka"
19     val skalningsmetod = "Skalas med skalare."
20   }
21
22   class Tomat(var vikt: Double) extends Grönsak {
23     val namn = "tomat"
24     val skalningsmetod = "Skållas."
25 //  override val skalfaktor = 0.95 // KOMPILERINGSFEL: "cannot override final member"
26   }
27 }
```

Protected ger synlighet begränsad till subtyper

```
scala> trait Super {
         private val minHemlis = 42
         protected val vårHemlis = 42
       }

scala> class Sub extends Super { def avslöjad = minHemlis }
error: not found: value minHemlis

scala> class Sub extends Super { def avslöjad = vårHemlis }

scala> val s = new Sub
s: Sub = Sub@2eee9593

scala> s.avslöjad
res0: Int = 42

scala> s.minHemlis
error: value minHemlis is not a member of Sub

scala> s.vårHemlis
error: Access to protected value vårHemlis not permitted
```

Filnamnsregler och -konventioner

- Java
  - I Java får man bara ha **en enda** publik klass per kodfil.
  - I Java måste kodfilen ha **samma namn** som den publika klassen, t.ex. `KlassensNamn.java`
- Scala
  - I Scala får man ha **många** klasser/traits/singelobjekt i samma kodfil.
  - I Scala får man döpa kodfilerna **oberoende** av deras innehåll.

Filnamnsregler och -konventioner

- Java
  - I Java får man bara ha **en enda** publik klass per kodfil.
  - I Java måste kodfilen ha **samma namn** som den publika klassen, t.ex. `KlassensNamn.java`
- Scala
  - I Scala får man ha **många** klasser/traits/singelobjekt i samma kodfil.
  - I Scala får man döpa kodfilerna **oberoende** av deras innehåll. Dessa **konventioner** används:
    - Om en kodfil bara innehåller **en enda** klass/trait/singelobjekt ge filen samma namn som innehållet, t.ex. `KlassensNamn.scala`
    - Om en kodfil innehåller **flera** saker, döp filen till något som återspeglar hela innehållet och använd **liten begynnelsebokstav**, t.ex. `drawing.scala` eller `bastypensNamn.scala`

Klasser, arv och klassparametrar

Klasser kan ärva klasser. Om superklassen har klassparametrar måste primärkonstruktor ges argument efter **extends**.

```
1  object personExample1 {
2
3    class Person(val namn: String)
4
5    class Akademiker(namn: String,
6                     val universitet: String) extends Person(namn)
7
8    class Student(namn: String,
9                  universitet: String,
10                 val program: String) extends Akademiker(namn, universitet)
11
12   class Forskare(namn: String,
13                  universitet: String,
14                  val titel: String) extends Akademiker(namn, universitet)
15
16   def main(args: Array[String]): Unit = {
17     val kim = new Student("Kim Robinsson", "Lund", "Data")
18     println(s"${kim.namn} ${kim.universitet} ${kim.program}")
19   }
20
21 }
```

Inmixning

Man kan ärva flera traits. Detta kallas inmixning (eng. *mix-in*) och görs med **`with`**.

```
1  object personExample2 {
2
3    trait Person { val namn: String }
4
5    trait Akademiker { val universitet: String }
6
7    trait Examinerad { val titel: String }
8
9    class Student(val namn: String,
10                 val universitet: String,
11                 val program: String) extends Person with Akademiker
12
13   class Forskare(val namn: String,
14                  val universitet: String,
15                  val titel: String) extends Person with Akademiker with Examinerad
16
17   def main(args: Array[String]): Unit = {
18     var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
19     println(s"${robin.namn} ${robin.universitet} ${robin.titel}")
20     if (p.isInstanceOf[Akademiker]) println(p.namn)
21   }
22 }
```

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med ”statisk typ” menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är `Person` vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med ”statisk typ” menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.
- Den **dynamiska typen**, även kallad **körtidstypen**, som gäller under körning är här mer specifik och mångfaceterad: p är efter tilldelning nu Student, Person och Akademiker (men inte Examinerad).

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med ”statisk typ” menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.
- Den **dynamiska typen**, även kallad **körtidstypen**, som gäller under körning är här mer specifik och mångfaceterad: p är efter tilldelning nu Student, Person och Akademiker (men inte Examinerad).
- Man kan undersöka om den dynamiska typen för p är EnVissTyp med p.isInstanceOf[EnVissTyp]

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för p är Person vilket gör att vi sedan kan låta p referera till andra instanser som är av typen Person.

```
p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
```

- Med ”statisk typ” menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.
- Den **dynamiska typen**, även kallad **körtidstypen**, som gäller under körning är här mer specifik och mångfaceterad: p är efter tilldelning nu Student, Person och Akademiker (men inte Examinerad).
- Man kan undersöka om den dynamiska typen för p är EnVissTyp med `p.isInstanceOf[EnVissTyp]`
- Man kan säga åt kompilatorn: *”jag garanterar att p är av typen EnVissTyp så du kan omforma den till EnVissTyp”* med `p.asInstanceOf[EnVissTyp]`

Statisk och dynamisk typ

```
var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
```

- Den **statiska typen** för `p` är `Person` vilket gör att vi sedan kan låta `p` referera till andra instanser som är av typen Person.

  ```
  p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
  ```

- Med ”statisk typ” menas den typinformation som kompilatorn känner till vid kompileringstid.
- Den **dynamiska typen**, även kallad **körtidstypen**, som gäller under körning är här mer specifik och mångfaceterad: `p` är efter tilldelning nu Student, Person och Akademiker (men inte Examinerad).
- Man kan undersöka om den dynamiska typen för `p` är `EnVissTyp` med `p.isInstanceOf[EnVissTyp]`
- Man kan säga åt kompilatorn: *”jag garanterar att p är av typen `EnVissTyp` så du kan omforma den till `EnVissTyp`”* med `p.asInstanceOf[EnVissTyp]`
  (detta är inte så vanligt i normal Scala-kod)

`isInstanceOf` och `asInstanceOf`

Testa körtidstyp med `isInstanceOf[Typ]`. Lova kompilatorn (och ta själv ansvar för) att det är en viss körtidstyp med `asInstanceOf[Typ]`.

```
1  object personExample3 {
2
3    trait Person { val namn: String }
4
5    trait Akademiker { val universitet: String }
6
7    trait Examinerad { val titel: String }
8
9    class Student(val namn: String,
10                 val universitet: String,
11                 val program: String) extends Person with Akademiker
12
13   class Forskare(val namn: String,
14                  val universitet: String,
15                  val titel: String) extends Person with Akademiker with Examinerad
16
17   def main(args: Array[String]): Unit = {
18     var p: Person = new Forskare("Robin Smith", "Lund", "Professor Dr")
19     println(s"${robin.namn} ${robin.universitet} ${robin.titel}")
20     if (p.isInstanceOf[Akademiker]) println(p.namn)
21     p = new Student("Kim Robinson", "Lund", "Data")
22     if (p.isInstanceOf[Student]) println(p.asInstanceOf[Student].program)
23   }
24 }
```

Polymorfism och dynamisk bindning

```scala
trait Robot { def work(): Unit }

case class CleaningRobot(name: String) extends Robot {
  override def work(): Unit = println(" Städa Städa")
}

case class TalkingRobot(name: String) extends Robot {
  override def work(): Unit = println(" Prata Prata")
}
```

Polymorfism betyder ”många former”. Referenserna r och rob nedan kan ha olika ”former”, d.v.s de kan referera till olika sorters robotar.
Dynamisk bindning innebär att körtidstypen avgör vilken metod som körs.

```
1  scala> def robotDoWork(rob: Robot) = { print(rob); rob.work }
2
3  scala> var r: Robot = new CleaningRobot("Wall-E")
4
5  scala> robotDoWork(r)
6  CleaningRobot(Wall-E) Städa Städa
7
8  scala> r = new TalkingRobot("C3PO")
9
10 scala> robotDoWork(r)
11 TalkingRobot(C3PO) Prata Prata
```

Uppräknade värden

Uppräknade värden med heltal

Vi kan använda heltalskonstanter för att representera olika färger.

```
object Färg {
  val Spader = 1
  val Hjärter = 2
  val Ruter = 3
  val Klöver = 4
}
```

```
case class Kort(färg: Int, valör: Int)
```

Vi kan nu använda våra uppräknade färgvärden så här:

```
1 scala> import Färg._
2 scala> Kort(Ruter, 7)
```

Uppräknade värden med heltal

Vi kan använda heltalskonstanter för att representera olika färger.

```
object Färg {
  val Spader = 1
  val Hjärter = 2
  val Ruter = 3
  val Klöver = 4
}
```

```
case class Kort(färg: Int, valör: Int)
```

Vi kan nu använda våra uppräknade färgvärden så här:

```
1 scala> import Färg._
2 scala> Kort(Ruter, 7)
```

Men kompilatorn **kan inte hindra** denna bugg:

```
1 scala> Kort(42, 7)
```

Uppräknade värden med case-objekt

Vi kan använda case-objekt för att representera olika färger.

```
sealed trait Färg
case object Spader  extends Färg
case object Hjärter extends Färg
case object Ruter   extends Färg
case object Klöver  extends Färg

case class Kort(färg: Färg, valör: Int)
```

Vi kan nu använda våra uppräknade färgvärden så här:

```
1 scala> Kort(Ruter, 7)
2
3 scala> Kort(Spader, 1)
```

- Kompilatorn **garanterar** att vi bara använder exakt dessa färger.
- Nyckelordet **`sealed`** förhindrar fler subtyper förutom de som finns här.
- **`case`** före **`object`** ger en najs `toString` och möjliggör matchning (mer om matchning i w08).

Uppräknade värden i samling

Vi kan placera case-objekten i en samling som kan användas i loopar.
Ett lämpligt ställe för en sådan samling är i kompanjonsobjektet till Färg.

```
sealed trait Färg
object Färg {
  val values = Vector(Spader, Hjärter, Ruter, Klöver)
}
case object Spader extends Färg
case object Hjärter extends Färg
case object Ruter extends Färg
case object Klöver extends Färg
```

```
1  scala> val allaEss = for (f <- Färg.values) yield Kort(f, 1)
```

Uppräknade värden med heltalsomvandling

Med en **`sealed abstract class`** och ett heltalsattrribut `toInt` som klassparameter kan vi erbjuda omvandling till heltal.

```
sealed abstract class Färg(final val toInt: Int)
object Färg {
  val values = Vector(Spader, Hjärter, Ruter, Klöver)
}
case object Spader  extends Färg(0)
case object Hjärter extends Färg(1)
case object Ruter   extends Färg(2)
case object Klöver  extends Färg(3)
```

```
1 scala> Kort(Ruter, 1).färg.toInt
2 res0: Int = 2
```

Nyckelordet **`abstract`** förhindrar instansiering av `Färg`.
Nyckelordet **`final`** förhindrar överskuggning av attributet `toInt`.

Nyckelordet **`sealed`** förhindrar vidare subtypning av `Färg`.

Exempel: Shape

Exempel: shapes1.scala

Typisk scala-kod: En trait som bastyp åt flera case-klasser.

```
1  object shapes1 {
2    type Pt = (Double, Double)
3
4    trait Shape {
5      def pos: Pt
6      def move(dx: Double, dy: Double): Shape
7    }
8
9    case class Rectangle(pos: Pt, dxy: Pt) extends Shape {
10     def move(dx: Double, dy: Double): Shape =
11       Rectangle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), dxy)
12   }
13
14   case class Circle(pos: Pt, radius: Double) extends Shape {
15     def move(dx: Double, dy: Double): Shape =
16       Circle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), radius)
17   }
18
19   case class Triangle(pos: Pt, dxy1: Pt, dxy2: Pt) extends Shape {
20     override def move(dx: Double, dy: Double): Shape =
21       Triangle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), dxy1, dxy2)
22   }
23 }
```

Exempel: shapesTest1.scala

Test av konkreta subklasser till bastypen Shape.

```
1  import shapes1._
2
3  object shapesTest1 {
4    def main(args: Array[String]): Unit = {
5      val r = Rectangle(pos= (100, 100), dxy= (75, 120))
6      println(r)
7      val r2 = r.move(dx= 42, dy= 84).move(dx= -1, dy= -1)
8      println(r2)
9      val t = Triangle((0,0),(4,0), (4,3))
10     println(t)
11     println(t.move(1,1))
12     println(t)
13   }
14 }
```

```
1  Rectangle((100.0,100.0),(75.0,120.0))
2  Rectangle((141.0,183.0),(75.0,120.0))
3  Triangle((0.0,0.0),(4.0,0.0),(4.0,3.0))
4  Triangle((1.0,1.0),(4.0,0.0),(4.0,3.0))
5  Triangle((0.0,0.0),(4.0,0.0),(4.0,3.0))
```

Exempel: draw.scala

Två traits som kan användas för att ”koppla ihop” kod och minimera ändringar av befintlig kod:

```
1  trait CanDraw {
2    def draw(dw: DrawingWindow): Unit
3  }
4
5  trait DrawingWindow {
6    def penTo(pt: (Double, Double)): Unit
7    def drawTo(pt: (Double, Double)): Unit
8  }
```

Exempel: draw.scala

Två traits som kan användas för att ”koppla ihop” kod och minimera ändringar av befintlig kod:

```
1  trait CanDraw {
2    def draw(dw: DrawingWindow): Unit
3  }
4
5  trait DrawingWindow {
6    def penTo(pt: (Double, Double)): Unit
7    def drawTo(pt: (Double, Double)): Unit
8  }
```

- Traits som använda för att abstrahera implementation och möjliggöra uppfyllandet av ett slags ”kontrakt” om vad som ska finnas kallas **gränssnitt** (eng. *interface*) och är grunden för skapandet av ett flexibelt api.
- Implementationen av de delar vi vill kunna ändra senare placeras i subtyper som inte används direkt av klientkoden.
- Vi visar bara information om vad som erbjuds men inte hur det ser ut ”inuti”.

Exempel: shapes2.scala

Genom att **mixa in** vår **`trait`** `CanDraw` kan en rektangel nu även ritas ut:

```
1  object shapes2 {
2    type Pt = (Double, Double)
3
4    trait Shape {
5      def pos: Pt
6      def move(dx: Double, dy: Double): Shape
7    }
8
9    case class Rectangle(pos: Pt, dxy: Pt) extends Shape with CanDraw { // inmixning
10     override def move(dx: Double, dy: Double): Rectangle =
11       Rectangle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), dxy)
12
13     override def draw(dw: DrawingWindow): Unit = { // implementation av draw
14       dw.penTo(pos)
15       dw.drawTo((pos._1 + dxy._1, pos._2))
16       dw.drawTo((pos._1 + dxy._1, pos._2 + dxy._2))
17       dw.drawTo((pos._1, pos._2 + dxy._2))
18       dw.drawTo(pos)
19     }
20   }
21 }
```

Exempel: shapes2.scala

Genom att **mixa in** vår **trait** CanDraw kan en rektangel nu även ritas ut:

```
1  object shapes2 {
2    type Pt = (Double, Double)
3
4    trait Shape {
5      def pos: Pt
6      def move(dx: Double, dy: Double): Shape
7    }
8
9    case class Rectangle(pos: Pt, dxy: Pt) extends Shape with CanDraw { // inmixning
10     override def move(dx: Double, dy: Double): Rectangle =
11       Rectangle((pos._1 + dx, pos._2 + dy), dxy)
12
13     override def draw(dw: DrawingWindow): Unit = { // implementation av draw
14       dw.penTo(pos)
15       dw.drawTo((pos._1 + dxy._1, pos._2))
16       dw.drawTo((pos._1 + dxy._1, pos._2 + dxy._2))
17       dw.drawTo((pos._1, pos._2 + dxy._2))
18       dw.drawTo(pos)
19     }
20   }
21 }
```

Notera: ingen ändring i Shape! Vi behöver nu bara ett **DrawingWindow**...

Exempel: SimpleDrawingWindow.scala

Vi skapar en ny klass som ärver `SimpleWindow`, som **dessutom** även **är ett** `DrawingWindow`, tack vare **inmixning** med nyckelordet **`with`**.
Observera att vi måste skicka vidare klassparametrarna till superklassens konstruktor.

```
1  class SimpleDrawingWindow(title: String = "Untitled", size: (Int, Int) = (640, 400))
2    extends cslib.window.SimpleWindow(size._1, size._2, title)
3      with DrawingWindow {
4
5    def xPos(pt: (Double, Double)): Int = pt._1.round.toInt
6    def yPos(pt: (Double, Double)): Int = pt._2.round.toInt
7
8    override def penTo(pt: (Double, Double)): Unit  = moveTo(xPos(pt), yPos(pt))
9    override def drawTo(pt: (Double, Double)): Unit = lineTo(xPos(pt), yPos(pt))
10 }
```

Exempel: SimpleDrawingWindow.scala

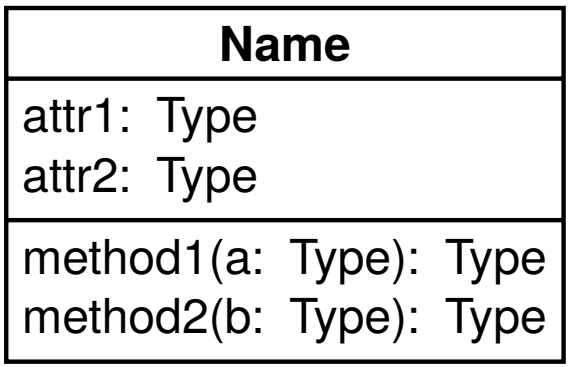
Vi skapar en ny klass som ärver `SimpleWindow`, som **dessutom** även **är ett** `DrawingWindow`, tack vare **inmixning** med nyckelordet **`with`**.
Observera att vi måste skicka vidare klassparametrarna till superklassens konstruktor.

```
1  class SimpleDrawingWindow(title: String = "Untitled", size: (Int, Int) = (640, 400))
2    extends cslib.window.SimpleWindow(size._1, size._2, title)
3      with DrawingWindow {
4
5    def xPos(pt: (Double, Double)): Int = pt._1.round.toInt
6    def yPos(pt: (Double, Double)): Int = pt._2.round.toInt
7
8    override def penTo(pt: (Double, Double)): Unit  = moveTo(xPos(pt), yPos(pt))
9    override def drawTo(pt: (Double, Double)): Unit = lineTo(xPos(pt), yPos(pt))
10 }
```

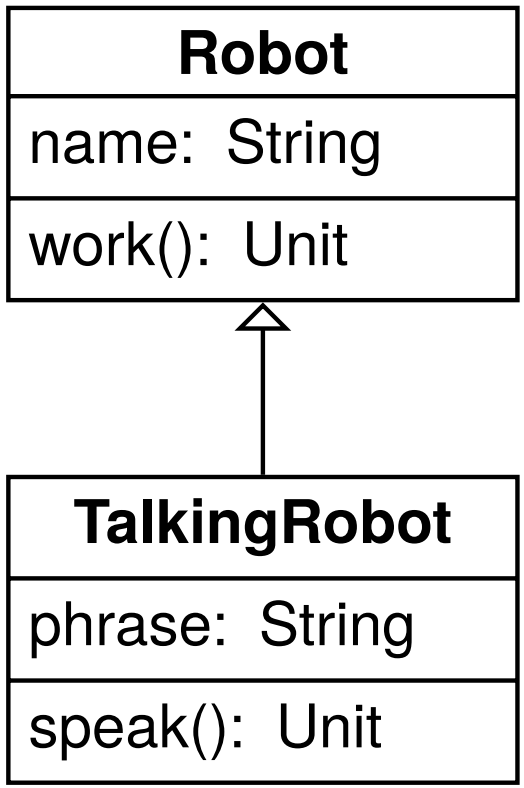
```
1  import shapes2._
2
3  object shapesTest2 {
4    def main(args: Array[String]): Unit = {
5      val sdw = new SimpleDrawingWindow(title="Shapes")
6      val r = Rectangle(pos=(100, 100), dxy=(75, 120))
7      r.draw(sdw)
8      r.move(dx=42, dy=84).draw(sdw)
9    }
10 }
```

Attribut och metoder i UML-diagram

En klass i ett **UML**-diagram kan ha 3 delar:



Ibland utelämnar man typerna.



en.wikipedia.org/wiki/Class_diagram

Överskuggingsregler

Medlemmar, arv och överskuggning

Olika sorters överskuggningsbara medlemmar i klasser och traits i **Scala**:

- `def`
- `val`
- `lazy val`
- `var`

Medlemmar, arv och överskuggning

Olika sorters överskuggningsbara medlemmar i klasser och traits i **Scala**:

- `def`
- `val`
- `lazy val`
- `var`

Olika sorters överskuggningsbara instansmedlemmar i **Java**:

- variabel
- metod

Medlemmar som är `static` kan ej överskuggas (men döljas) vid arv.

Medlemmar, arv och överskuggning

Olika sorters överskuggningsbara medlemmar i klasser och traits i **Scala**:

- `def`
- `val`
- `lazy val`
- `var`

Olika sorters överskuggningsbara instansmedlemmar i **Java**:

- variabel
- metod

Medlemmar som är `static` kan ej överskuggas (men döljas) vid arv.

- När man överskuggar (eng. *override*) en medlemmen med en annan medlem med samma namn i en subtyp, får denna medlem en (ny) implementation.
- När man konstruerar ett objektorienterat språk gäller det att man definierar sunda överskuggningsregler vid arv. Detta är förvånansvärt knepigt.
- Singelobjekt kan ej ärvas (och medlemmar i singelobjekt kan därmed ej överskuggas).

Fördjupning: Regler för överskuggning i Scala

En medlem M1 i en supertyp får överskuggas av en medlem M2 i en subtyp, enligt dessa regler:

1. M1 och M2 ska ha samma namn och typerna ska matcha.
2. `def` får bytas ut mot: `def`, `val`, `var`, `lazy val`
3. `val` får bytas ut mot: `val`, och om M1 är abstrakt mot en `lazy val`.
4. `var` får bara bytas ut mot en `var`.
5. `lazy val` får bara bytas ut mot en `lazy val`.
6. Om en medlem i en supertyp är abstrakt *behöver* man inte använda nyckelordet `override` i subtypen. (Men det är bra att göra det ändå så att kompilatorn hjälper dig att kolla att du verkligen överskuggar något.)
7. Om en medlem i en supertyp är konkret *måste* man använda nyckelordet `override` i subtypen, annars ges kompileringsfel.
8. M1 får inte vara `final`.
9. M1 får inte vara `private` eller `private[this]`, men kan vara `private[X]` om M2 också är `private[X]`, eller `private[Y]` om X innehåller Y.
10. Om M1 är `protected` måste även M2 vara det.

Fördjupning: Regler för överskuggning i Java

```
http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/
IandI/override.html
```

super

Att skilja på mitt och ditt med `super`

```
1  scala> class X { val gurka = "super pepinos" }
2
3  scala> class Y extends X {
4           override val gurka = ":("
5           val sg = super.gurka
6         }
7
8  scala> val y = new Y
9  y: Y = Y@26ba2a48
10
11 scala> y.gurka
12 res0: String = :(
```

Super Pepinos to the rescue:

Att skilja på mitt och ditt med `super`

```
scala> class X { val gurka = "super pepinos" }

scala> class Y extends X {
         override val gurka = ":("
         val sg = super.gurka
       }

scala> val y = new Y
y: Y = Y@26ba2a48

scala> y.gurka
res0: String = :(
```

Super Pepinos to the rescue:

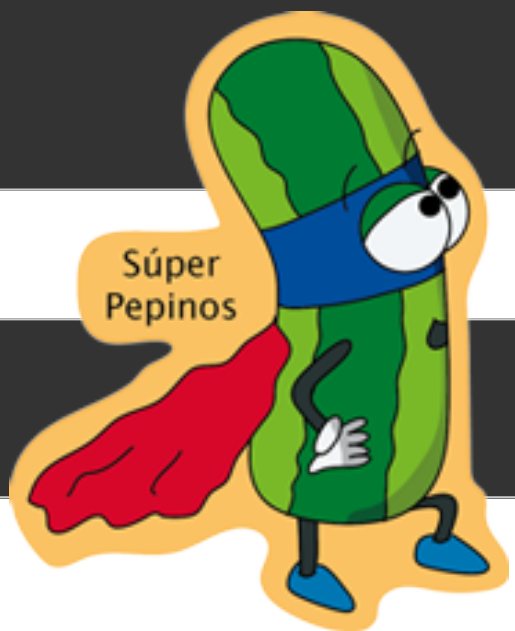
```
scala> y.sg
res1: String = super pepinos
```

Att skilja på mitt och ditt med `super`

```
1  scala> class X { val gurka = "super pepinos" }
2
3  scala> class Y extends X {
4           override val gurka = ":("
5           val sg = super.gurka
6         }
7
8  scala> val y = new Y
9  y: Y = Y@26ba2a48
10
11 scala> y.gurka
12 res0: String = :(
```

Super Pepinos to the rescue:

```
scala> y.sg
res1: String = super pepinos
```



Trait eller abstrakt klass?

Trait eller abstrakt klass?

Använd en **trait** som supertyp om...

- ...du är osäker på vilket som är bäst. (Du kan alltid ändra till en abstrakt klass senare.)
- ...du vill kunna mixa in din trait tillsammans med andra traits.
- ...du bara har abstrakta medlemmar.

Använd en **abstract class** som supertyp om...

- ...du vill ge supertypen en parameter vid konstruktion.
- ...du vill ärva supertypen från klasser skrivna i Java.
- ...du vill minimera vad som behöver omkompileras vid ändringar.

Nästa vecka: kontrollskrivning

Obl. kontrollskrivning: 25/10 kl 14:00-19 Gasquesalen

Kontrollskrivningen motsvarar i omfång en **halv** ordinarie tentamen och är uppdelad i två delar; del A och del B.

- Del A omfattar 20% av den maximala poängsumman och innehåller uppgifter med korta svar (likt övningarna): ”ange typ och värde”.
- Del B omfattar 80% av den maximala poängsumman och innehåller uppgifter med svar i form av kod.
- Maximal poäng på kontrollskrivningen är 50p. (Ordinarie tenta 100p)
- Om du erhåller p poäng på kontrollskrivningen bidrar du med `(p / 10.0).round` i individuell bonuspoäng inför sammanräkningen av samarbetsbonus.
- Din samarbetsbonus är medelvärdet av poängen från dig och de av dina gruppmedlemmar som skriver kontrollskrivningen enligt denna beräkning:

```
def collaborationBonus(points: Seq[Int]): Int =
  (points.sum / points.size.toDouble).round.toInt
```

- Samarbetsbonus motsvarar max 5% av totala ordinarie tentapoäng.
- Samarbetsbonus påverkar inte om du blir godkänd på tentan, men kan påverka vilket betyg du får.

Obligatorisk kontrollskrivning: instruktioner

Medtag:
legitimation, penna blyerts, penna i avvikande färg helst röd, ev. förtäring och **Scala Quickref/Java Snabbref**.

- Moment 1, ca 2,5h: **Lösning av uppgifterna**.
  - Du löser uppgifterna individuellt med blyertspenna.
  - När du är klar lämnar du in alla dina svar.
- Moment 2: **Parvis kamraträttning**.
- Moment 3: **Bedömning av rättning**.

Obligatorisk kontrollskrivning: instruktioner

- Moment 1, ca 2,5h: **Lösning av uppgifterna**.
- Moment 2: **Parvis kamraträttning**.
  - Ni sätter er parvis och får ut rättningsmallen som ni läser.
  - Efter ca 10 minuter får ni ut två andra personers skrivningar som ni rättar enligt anvisningarna i rättningsmallen.
  - Medtag och använd penna med avvikande färg, helst röd.
  - När rättningstiden är slut samlar vi in alla rättade skrivningarna.

Obligatorisk kontrollskrivning: instruktioner

- Moment 1, ca 2,5h: **Lösning av uppgifterna**.
- Moment 2: **Parvis kamraträttning**.
  - Ni sätter er parvis och får ut rättningsmallen som ni läser.
  - Efter ca 10 minuter får ni ut två andra personers skrivningar som ni rättar enligt anvisningarna i rättningsmallen.
  - Medtag och använd penna med avvikande färg, helst röd.
  - När rättningstiden är slut samlar vi in alla rättade skrivningarna.
- Moment 3: **Bedömning av rättning**.
  - Du får hämta din egen skrivning och titta på rättningen.
  - Är du nöjd med rättningen lämnar du bara tillbaka skrivningen igen.
  - Är du inte nöjd med rättningen kontaktar du skrivningsansvarig genom handuppräckning.

Plugga på kontrollskrivning

- Träffas och plugga i samarbetsgrupperna.
- Hjälp varandra med det som är svårt.
- Träna på att skriva kod på papper.
- Gör övningarna.
- Repetera laborationerna.
- Läs föreläsningsanteckningarna.
- Studera Scala Quickref MYCKET NOGA så att du vet vad som är givet och var det står så att du kan hitta det du behöver snabbt.
- Se sidan 329 i kompendiet (tips inför ordinarie tenta)

Veckans uppgifter

Övning: `traits`

- Förstå följande begrepp: supertyp, subtyp, bastyp, abstrakt typ, polymorfism.
- Kunna deklarera och använda en arvshierarki i flera nivåer med nyckelordet **`extends`**.
- Kunna deklarera och använda inmixning med flera traits och nyckelordet **`with`**.
- Kunna deklarera och känna till nyttan med finala klasser och finala attribut och nyckelordet **`final`**.
- Känna till synlighetsregler vid arv och nyttan med privata och skyddade attribut.
- Kunna deklarera och använda skyddade attribute med nyckelordet **`protected`**.
- Känna till hur typtester och typkonvertering vid arv kan göras med metoderna `isInstanceOf` och `asInstanceOf` och känna till att detta görs bättre med **`match`**.
- Känna till begreppet anonym klass.
- Kunna deklarera och använda överskuggade metoder med nyckelordet **`override`**.
- Känna till reglerna som gäller vid överskuggning av olika sorters medlemmar.
- Kunna deklarera och använda hierarkier av klasser där konstruktorparametrar överförs till superklasser.
- Kunna deklarera och använda uppräknade värden med case-objekt och gemensam bastyp.

Instruktioner Grupplaboration

- Diskutera i din samarbetsgrupp hur ni ska dela upp koden mellan er i flera olika delar, som ni kan arbeta med var för sig. En sådan del kan vara en klass, en trait, ett objekt, ett paket, eller en funktion.
- Varje del ska ha en *huvudansvarig* individ.
- Arbetsfördelningen ska vara någorlunda jämt fördelad mellan gruppmedlemmarna.
- När ni redovisar er lösning ska ni börja med att redogöra för handledaren hur ni delat upp koden och vem som är huvudansvarig för vad.
- Den som är huvudansvarig för en viss del redovisar den delen.
- Grupplaborationer görs i huvudsak som hemuppgift. Salstiden används primärt för redovisning.

Grupplaboration: `turtlerace-team`

- Kunna skapa och använda arvshierarkier och förstå dynamisk bindning.
- Kunna skapa använda en trait som bastyp i en arvshierarki.