

# **Programmering, grundkurs**

## Kompendium

EDAA45, Lp1-2, HT 2016  
Datavetenskap, LTH  
Lunds Universitet

<http://cs.lth.se/pgk>

*Editor:* Björn Regnell

*Contributors* in alphabetical order: Anders Buhl, Anna Axelsson, Anton Andersson, Björn Regnell, Casper Schreiter, Cecilia Lindskog, Erik Bjäreholt, Erik Grampp, Fredrik Danebjer, Gustav Cedersjö, Jonas Danebjer, Måns Magnusson, Maj Stenmark, Oskar Berg, Patrik Persson, Per Holm, Sandra Nilsson, Valthor Halldorsson,

*Home:* <https://cs.lth.se/pgk>

*Repo:* <https://github.com/lunduniversity/introprog>

This manuscript is on-going work. Contributions are welcome!

*Contact:* [bjorn.regnell@cs.lth.se](mailto:bjorn.regnell@cs.lth.se)

*LICENCE:* CC BY-SA 4.0

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Please do *not* distribute your solutions to lab assignments and projects.

Copyright © 2015-2016.

Dept. of Computer Science, LTH, Lund University. Lund. Sweden.

# Framstegsprotokoll

## Genomförda övningar

Till varje laboration hör en övning med uppgifter som utgör förberedelse inför labben. Du behöver minst behärska grundövningarna för att klara labben inom rimlig tid. Om du känner att du behöver öva mer på grunderna, gör då även extrauppgifterna. Om du vill fördjupa dig, gör fördjupningsuppgifterna som är på mer avancerad nivå. Genom att du kryssar för nedan vilka övningar du har gjort, blir det lättare för handledaren att förstå vilka förkunskaper du har inför labben.

Övning	Grund	Extra	Fördjupning
expressions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
programs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
functions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
data	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sequences	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
classes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
traits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
matching	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
matrices	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sorting	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
scalajava	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
threads	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Godkända obligatoriska moment

För att bli godkänd på laborationsuppgifterna och projektet måste du lösa deluppgifterna och diskutera dina lösningar med en handledare. Denna diskussion är din möjlighet att få feedback på dina lösningar. Ta vara på den! Se till att handledaren noterar när du blivit godkänd på detta blad, som är ditt kvitto. Spara detta blad tills du fått slutbetyg i kursen.

Namn: .....

Namnteckning: .....

Lab	Datum gk	Handledares namnteckning
kojo	.....	.....
blockmole	.....	.....
pirates	.....	.....
shuffle	.....	.....
turtlegraphics	.....	.....
turtlerace-team	.....	.....
chords-team	.....	.....
maze	.....	.....
surveydata	.....	.....
lthopoly-team	.....	.....
life	.....	.....
Projekt	.....	.....

**Projektuppgift** (välj en) .....

( ) bank

( ) imageprocessing

( ) tictactoe

( ) *egendefinerad*

*Om egen, ge kort beskrivning:*

# Förord

Programmering är inte bara ett sätt att ta makten över de människoskapade system som är förutsättningen för vårt moderna samhälle. Programmering är också ett kraftfullt verktyg för tanken. Med kunskap i programmeringens grunder kan du påbörja den livslånga läranderesan som det innebär att vara systemutvecklare och abstraktionskonstnär. Programmeringsspråk och utvecklingsverktyg kommer och går, men de grundläggande koncepten bakom *all* mjukvara består: sekvens, alternativ, repetition och abstraktion.

Detta kompendium utgör kursmaterial för en grundkurs i programmering, som syftar till att ge en solid bas för ingenjörstudenter och andra som vill utveckla system med mjukvara. Materialet omfattar en termins studier på kvartsfart och förutsätter kunskaper motsvarande gymnasienivå i svenska, matematik och engelska.

Kompendiet är framtaget för och av studenter och lärare, och distribueras som öppen källkod. Det får användas fritt så länge erkännande ges och eventuella ändringar publiceras under samma licens som ursprungsmaterialet. På kurshemsidan [cs.lth.se/pgk](http://cs.lth.se/pgk) och i kursrepot [github.com/lunduniversity/introprog](https://github.com/lunduniversity/introprog) finns instruktioner om hur du kan bidra till kursmaterialet.

Läromaterialet fokuserar på lärande genom praktiskt programmeringsarbete och innehåller övningar och laborationer som är organiserade i moduler. Varje modul har ett tema och en teoridel i form av föreläsningsbilder med tillhörande anteckningar.

I kursen använder vi språken Scala och Java för att illustrera grunderna i imperativ och objektorienterad programmering, tillsammans med elementär funktionsprogrammering. Mer avancerad objektorientering och funktionsprogrammering lämnas till efterföljande fördjupningskurser.

Den kanske viktigaste framgångsfaktorn vid studier i programmering är att bejaka din egen upptäckarglädje och experimentlusta. Det fantastiska med programmering är att dina egna intellektuella konstruktioner faktiskt *gör* något som just *du* har bestämt! Ta vara på det och prova dig fram genom att koda egna idéer – det är kul när det funkar men minst lika lärorikt är felsökning, bugggrättande och alla misslyckade försök som efter hårt arbete vänds till lyckade lösningar och/eller bestående lärdomar.

Välkommen i programmeringens fascinerande värld och hjärtligt lycka till med dina studier!

*LTH, Lund 2016*



# Innehåll

<b>Framstegsprotokoll</b>	<b>3</b>
<b>Förord</b>	<b>5</b>
<b>I Om kursen</b>	<b>9</b>
<b>Kursens arkitektur</b>	<b>11</b>
<b>Anvisningar</b>	<b>15</b>
Samarbetsgrupper . . . . .	15
Föreläsningar . . . . .	15
Övningar . . . . .	15
Laborationer . . . . .	15
Resurstider . . . . .	15
Kontrollskrivning . . . . .	15
Tentamen . . . . .	15
<b>II Moduler</b>	<b>17</b>
<b>1 Introduktion</b>	<b>19</b>
1.1 Vad är programmering? . . . . .	20
1.2 Vad är en kompilator? . . . . .	20
1.3 Vad består ett program av? . . . . .	21
1.4 Exempel på programmeringsspråk . . . . .	21
1.5 Varför Scala + Java som förstaspråk? . . . . .	22
1.6 Hello world . . . . .	22
1.7 Utvecklingscykeln . . . . .	23
1.8 Utvecklingsverktyg . . . . .	23
1.9 Literaler . . . . .	23
1.10 Grundtyper i Scala . . . . .	24
1.11 Grundtypernas implementation i JVM . . . . .	24
1.12 Uttryck . . . . .	24
1.13 Identifierare . . . . .	25
1.14 Speciella identifierare . . . . .	25
1.15 Övning: expressions . . . . .	26
1.15.1 Grunduppgifter . . . . .	26

1.15.2	Extrauppgifter . . . . .	34
1.15.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	34
1.16	Laboration: kojo . . . . .	36
1.16.1	Obligatoriska uppgifter . . . . .	36
1.16.2	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	42
<b>2</b>	<b>Kodstrukturer</b>	<b>47</b>
2.1	Övning: programs . . . . .	48
2.1.1	Grunduppgifter . . . . .	48
2.1.2	Extrauppgifter . . . . .	58
2.1.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	59
<b>3</b>	<b>Funktioner, Objekt</b>	<b>61</b>
3.1	Övning: functions . . . . .	62
3.1.1	Grunduppgifter . . . . .	62
3.1.2	Extrauppgifter . . . . .	71
3.1.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	71
3.2	Laboration: blockmole . . . . .	73
3.2.1	Obligatoriska uppgifter . . . . .	73
3.2.2	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	79
<b>4</b>	<b>Datastrukturer</b>	<b>81</b>
4.1	Denna vecka: Fatta datastrukturer . . . . .	82
4.2	Olika sätt att skapa datastrukturer . . . . .	82
4.3	Vad är en tupel? . . . . .	82
4.4	Övning: data . . . . .	83
4.4.1	Grunduppgifter . . . . .	83
4.4.2	Extrauppgifter . . . . .	96
4.4.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	97
4.5	Laboration: pirates . . . . .	101
4.5.1	Förberedelseuppgifter . . . . .	101
4.5.2	Obligatoriska uppgifter . . . . .	101
4.5.3	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	104
<b>5</b>	<b>Sekvensalgoritmer</b>	<b>105</b>
5.1	Vad är en sekvensalgoritm? . . . . .	106
5.2	Några indexerbara samlingar . . . . .	106
5.3	Algoritm: SEQ-COPY . . . . .	106
5.4	Egenskaper hos några sekvenssamlingar . . . . .	107
5.5	Vilken sekvenssamling ska jag välja? . . . . .	107
5.6	Övning: sequences . . . . .	108
5.6.1	Grunduppgifter . . . . .	108
5.6.2	Extrauppgifter . . . . .	118
5.6.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	119
5.7	Laboration: shuffle . . . . .	122
5.7.1	Bakgrund . . . . .	122
5.7.2	Obligatoriska uppgifter . . . . .	122



5.7.3	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	123
<b>6</b>	<b>Klasser</b>	<b>125</b>
6.1	Vad är en klass? . . . . .	126
6.2	Designexempel: Klassen Complex . . . . .	126
6.3	Specifikationer av klasser i Scala . . . . .	126
6.4	Specifikationer av klasser och objekt . . . . .	127
6.5	Specifikationer av Java-klasser . . . . .	128
6.6	Övning: classes . . . . .	129
6.6.1	Grunduppgifter . . . . .	129
6.6.2	Extrauppgifter . . . . .	136
6.6.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	139
6.7	Laboration: turtlegraphics . . . . .	140
6.7.1	Bakgrund . . . . .	140
6.7.2	Obligatoriska uppgifter . . . . .	142
6.7.3	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	144
<b>7</b>	<b>Arv</b>	<b>147</b>
7.1	TODO: Begrepp att förklara . . . . .	148
7.2	Medlemmar och arv . . . . .	148
7.3	Regler för override i Scala. . . . .	148
7.4	När använda en trait och när använda en klass som supertyp? . . . . .	148
7.5	Designexempel: Klassen ??? . . . . .	149
7.6	Övning: traits . . . . .	150
7.6.1	Grunduppgifter . . . . .	150
7.6.2	Extrauppgifter . . . . .	160
7.6.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	161
7.7	Laboration: turtle-ace-team . . . . .	164
7.7.1	Bakgrund . . . . .	164
7.7.2	Obligatoriska uppgifter . . . . .	164
<b>8</b>	<b>Mönster, Undantag</b>	<b>169</b>
8.1	TODO: Begrepp att förklara . . . . .	170
8.2	Javas switch-sats . . . . .	170
8.3	Javas switch-sats . . . . .	170
8.4	TODO: Begrepp att förklara . . . . .	171
8.5	Undantag . . . . .	171
8.6	Övning: matching . . . . .	172
8.6.1	Grunduppgifter . . . . .	172
8.6.2	Extrauppgifter . . . . .	182
8.6.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	182
8.7	Laboration: chords-team . . . . .	184
8.7.1	Bakgrund . . . . .	184
8.7.2	Obligatoriska uppgifter . . . . .	184
8.7.3	Extrauppgifter . . . . .	187

<b>9</b>	<b>Matriser, Typparametrar</b>	<b>189</b>
9.1	Övning: matrices . . . . .	190
9.1.1	Grunduppgifter . . . . .	190
9.1.2	Extrauppgifter . . . . .	200
9.1.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	201
9.2	Laboration: maze . . . . .	203
9.2.1	Bakgrund . . . . .	203
9.2.2	Obligatoriska uppgifter . . . . .	206
9.2.3	Frivillig extrauppgift . . . . .	208
<b>10</b>	<b>Sökning, Sortering</b>	<b>211</b>
10.1	Övning: sorting . . . . .	212
10.1.1	Grunduppgifter . . . . .	212
10.1.2	Extrauppgifter . . . . .	223
10.1.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	224
10.2	Laboration: surveydata . . . . .	231
10.2.1	Obligatoriska uppgifter . . . . .	231
10.2.2	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	231
<b>11</b>	<b>Scala och Java</b>	<b>233</b>
11.1	Övning: scalajava . . . . .	234
11.1.1	Grunduppgifter . . . . .	234
11.1.2	Extrauppgifter . . . . .	238
11.1.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	238
11.2	Laboration: lthopoly-team . . . . .	239
11.2.1	Bakgrund . . . . .	239
11.2.2	Kodstruktur . . . . .	241
11.2.3	Obligatoriska uppgifter . . . . .	245
11.2.4	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	248
<b>12</b>	<b>Trådar</b>	<b>249</b>
12.1	Övning: threads . . . . .	250
12.1.1	Grunduppgifter . . . . .	250
12.1.2	Extrauppgifter . . . . .	255
12.1.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	257
12.2	Laboration: life . . . . .	264
12.2.1	Bakgrund . . . . .	264
12.2.2	Reglerna . . . . .	264
12.2.3	Obligatoriska uppgifter . . . . .	265
12.2.4	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	265
<b>13</b>	<b>Design</b>	<b>267</b>
13.1	Projektuppgift: bank . . . . .	268
13.1.1	Fokus . . . . .	268
13.1.2	Bakgrund . . . . .	268
13.1.3	Krav . . . . .	268
13.1.4	Design . . . . .	269

13.1.5	Tips . . . . .	272
13.1.6	Obligatoriska uppgifter . . . . .	272
13.1.7	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	274
13.1.8	Exempel på körning av programmet . . . . .	274
13.2	Projektuppgift: tictactoe . . . . .	281
13.2.1	Bakgrund . . . . .	281
13.2.2	Regler . . . . .	281
13.2.3	Teori . . . . .	281
13.2.4	Obligatoriska uppgifter . . . . .	282
13.2.5	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	284
13.3	Projektuppgift: imageprocessing . . . . .	285
13.3.1	Bakgrund . . . . .	285
13.3.2	Uppgiften . . . . .	285
13.3.3	Frivilliga extrauppgifter . . . . .	289
<b>14</b>	<b>Tentaträning</b>	<b>291</b>
<b>III</b>	<b>Appendix</b>	<b>293</b>
<b>A</b>	<b>Terminalfönster och kommandoskal</b>	<b>295</b>
A.1	Vad är ett terminalfönster? . . . . .	295
A.2	Några viktiga terminalkommando . . . . .	295
<b>B</b>	<b>Editera</b>	<b>297</b>
B.1	Vad är en editor? . . . . .	297
B.2	Välj editor . . . . .	297
<b>C</b>	<b>Kompilera och exekvera</b>	<b>299</b>
C.1	Vad är en kompilator? . . . . .	299
C.2	Java JDK . . . . .	299
C.2.1	Installera Java JDK . . . . .	299
C.3	Scala . . . . .	299
C.3.1	Installera Scala-kompilatorn . . . . .	299
C.4	Read-Evaluate-Print-Loop (REPL) . . . . .	299
C.4.1	Scala REPL . . . . .	299
<b>D</b>	<b>Dokumentation</b>	<b>301</b>
D.1	Vad gör ett dokumentationsverktyg? . . . . .	301
D.2	scaladoc . . . . .	301
D.3	javadoc . . . . .	301
<b>E</b>	<b>Integrerad utvecklingsmiljö</b>	<b>303</b>
E.1	Vad är en IDE? . . . . .	303
E.2	Kojo . . . . .	303
E.2.1	Installera Kojo . . . . .	303
E.2.2	Använda Kojo . . . . .	303
E.3	Eclipse och ScalaIDE . . . . .	303

E.3.1	Installera Eclipse och ScalaIDE . . . . .	303
E.3.2	Använda Eclipse och ScalaIDE . . . . .	303
<b>F</b>	<b>Byggverktyg</b>	<b>309</b>
F.1	Vad gör ett byggverktyg? . . . . .	309
F.2	Byggverktyget sbt . . . . .	309
F.2.1	Installera sbt . . . . .	309
F.2.2	Använda sbt . . . . .	309
<b>G</b>	<b>Versionshantering och kodlagring</b>	<b>311</b>
G.1	Vad är versionshantering? . . . . .	311
G.2	Versionshanteringsverktyget git . . . . .	311
G.2.1	Installera git . . . . .	311
G.2.2	Använda git . . . . .	311
G.3	Vad är nyttan med en kodlagringsplats? . . . . .	311
G.4	Kodlagringsplatsen GitHub . . . . .	311
G.4.1	Installera klienten för GitHub . . . . .	311
G.4.2	Använda GitHub . . . . .	311
G.5	Kodlagringsplatsen Atlassian BitBucket . . . . .	311
G.5.1	Installera SourceTree . . . . .	311
G.5.2	Använda SourceTree . . . . .	311
<b>H</b>	<b>Virtuell maskin</b>	<b>313</b>
H.1	Vad är en virtuell maskin? . . . . .	313
H.2	Installera kursens vm . . . . .	313
H.3	Vad innehåller kursens vm? . . . . .	314
<b>I</b>	<b>Nyckelord</b>	<b>315</b>
I.1	Vad är ett nyckelord ord? . . . . .	315
I.2	Nyckelord i Scala . . . . .	315
I.3	Nyckelord i Java . . . . .	315
<b>J</b>	<b>Hur bidra till kursmaterialet?</b>	<b>317</b>
J.1	Bidrag är varmt välkomna! . . . . .	317
J.2	Instruktioner . . . . .	317
J.2.1	Vad behövers för att kunna bidra? . . . . .	317
J.2.2	Svenska eller engelska? . . . . .	317
J.3	Exempel . . . . .	318
<b>K</b>	<b>Lösningförslag, tips och kommentarer till övningarna</b>	<b>321</b>
K.1	expressions . . . . .	322
K.1.1	Grunduppgifter . . . . .	322
K.1.2	Extrauppgifter . . . . .	328
K.1.3	Fördjupningsuppgifter . . . . .	328
K.2	programs . . . . .	329
K.3	functions . . . . .	330
K.4	data . . . . .	331
K.5	sequences . . . . .	332

K.5.1 Extrauppgifter . . . . .	344
K.6 classes . . . . .	346
K.7 traits . . . . .	347
K.8 matching . . . . .	348
K.9 matrices . . . . .	349
K.10 sorting . . . . .	350
K.11 scalajava . . . . .	351
K.12 threads . . . . .	352
<b>L Ordlista</b>	<b>355</b>



# **Del I**

## **Om kursen**





# Kursens arkitektur

## Veckoöversikt

<i>W</i>	<i>Modul</i>	<i>Övn</i>	<i>Lab</i>
W01	Introduktion	expressions	kojo
W02	Kodstrukturer	programs	–
W03	Funktioner, Objekt	functions	blockmole
W04	Datastrukturer	data	pirates
W05	Sekvensalgoritmer	sequences	shuffle
W06	Klasser	classes	turtlegraphics
W07	Arv	traits	turtlerace-team
KS	KONTROLLSKRIVN.	–	–
W08	Mönster, Undantag	matching	chords-team
W09	Matriser, Typparametrar	matrices	maze
W10	Sökning, Sortering	sorting	surveydata
W11	Scala och Java	scalajava	lthopoly-team
W12	Trådar	threads	life
W13	Design	Uppsamling	Projekt
W14	Tentaträning	Extenta	–
T	TENTAMEN	–	–

Kursen består av ett antal moduler med tillhörande teori, övningar och laborationer. Genom att göra övningarna bearbetar du teorin och förbereder dig inför laborationerna. När du klarat av övningarna och laborationen i en modul är du redo att gå vidare till nästa modul.

## Vad lär du dig?

- Grundläggande principer för programmering:  
Sekvens, Alternativ, Repetition, Abstraktion (SARA)  
⇒ Inga förkunskaper i programmering krävs!
- Konstruktion av algoritmer
- Tänka i abstraktioner
- Förståelse för flera olika angreppssätt:
  - **imperativ programmering**
  - **objektorientering**
  - **funktionsprogrammering**
- Programspråken **Scala** och **Java**
- Utvecklingsverktyg (editor, kompilator, utvecklingsmiljö)
- Implementera, testa, felsöka

## Hur lär du dig?

- Genom praktiskt **eget arbete**: **Lära genom att göra!**
  - Övningar: applicera koncept på olika sätt
  - Laborationer: kombinera flera koncept till en helhet
- Genom studier av kursens teori: **Skapa förståelse!**
- Genom samarbete med dina kurskamrater: **Gå djupare!**

## Kurslitteratur



- **Kompendium** med föreläsningsanteckningar, övningar & laborationer
- Säljs på KFS  
<http://www.kfsab.se/>

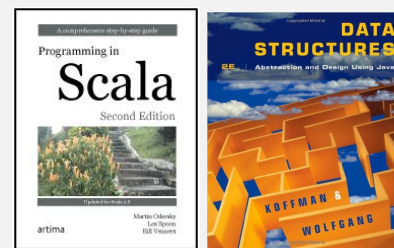
### Rekommenderade böcker

lämplig bredvidläsning

– för nybörjare:



– för de som redan kodat en del:



## Kursmoment — varför?

- **Föreläsningar:** skapa översikt, ge struktur, förklara teori, svara på frågor, motivera varför
- **Övningar:** bearbeta teorin med avgränsade problem, grundövningar för alla, extraövningar om du behöver öva mer, fördjupningsövningar om du vill gå vidare, **förberedelse** inför laborationerna
- **Laborationer:** lösa programmeringsproblem praktiskt, **obligatoriska** uppgifter; lösningar redovisas för handledare
- **Resurstider:** få hjälp med övningar och laborationsförberedelser av handledare, fråga vad du vill
- **Samarbetsgrupper:** grupplärande genom samarbete, hjälpa varandra
- **Kontrollskrivning:** **obligatorisk**, diagnostisk, kamraträttad; kan ge samarbetsbonuspoäng till tentan
- **Individuell projektuppgift:** **obligatorisk**, du visar att du kan skapa ett större program självständigt; redovisas för handledare
- **Tenta:** Skriftlig tentamen utan hjälpmedel, förutom **snabbreferens**.

## Varför studera i samarbetsgrupper?

Huvudsyfte: **Bra lärande!**

- Pedagogisk forskning stödjer tesen att lärandet blir mer djupinriktat om det sker i utbyte med andra
- Ett studiesammanhang med höga ambitioner och respektfull gemenskap gör att vi **når mycket längre**
- Varför ska du som redan kan mycket aktivt dela med dig av dina kunskaper?
  - Förstå bättre själv genom att förklara för andra
  - Träna din pedagogiska förmåga
  - Förbered dig för ditt kommande yrkesliv som mjukvaruutvecklare

## En typisk kursvecka

1. Gå på **föreläsningar** på **måndag-tisdag**
2. Jobba med **individuellt** med teori, övningar, labbförberedelser på **måndag-torsdag**
3. Kom till **resurstiderna** och få hjälp och tips av handledare och kurskamrater på **onsdag-torsdag**
4. Genomför den obligatoriska **laborationen** på **fredag**
5. Träffas i **samarbetsgruppen** och hjälp varandra att förstå mer och fördjupa lärandet, förslagsvis på återkommande tider varje vecka då alla i gruppen kan

Se detaljerna och undantagen i schemat: [cs.lth.se/pgk/schema](https://cs.lth.se/pgk/schema)

# Anvisningar

## Samarbetsgrupper

## Samarbetskontrakt

## Föreläsningar

## Övningar

## Laborationer

- TODO!!! Skriv om pennan och ögat och bocken
- TODO!!! Skriv att om man inte gör förebereelserna hinner man inte labben på 2h

## Resurstider

## Kontrollskrivning

## Tentamen



# **Del II**

## **Moduler**





# Kapitel 1

## Introduktion

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> sekvens                    | <input type="checkbox"/> Short                 |
| <input type="checkbox"/> alternativ                 | <input type="checkbox"/> Double                |
| <input type="checkbox"/> repetition                 | <input type="checkbox"/> Float                 |
| <input type="checkbox"/> abstraktion                | <input type="checkbox"/> Byte                  |
| <input type="checkbox"/> programmeringsspråk        | <input type="checkbox"/> Char                  |
| <input type="checkbox"/> programmeringsparadigmer   | <input type="checkbox"/> String                |
| <input type="checkbox"/> editera-kompilera-exekvera | <input type="checkbox"/> println               |
| <input type="checkbox"/> datorns delar              | <input type="checkbox"/> typen Unit            |
| <input type="checkbox"/> virtuell maskin            | <input type="checkbox"/> enhetsvärdet ()       |
| <input type="checkbox"/> REPL                       | <input type="checkbox"/> stränginterpolatorn s |
| <input type="checkbox"/> literal                    | <input type="checkbox"/> if                    |
| <input type="checkbox"/> värde                      | <input type="checkbox"/> else                  |
| <input type="checkbox"/> uttryck                    | <input type="checkbox"/> true                  |
| <input type="checkbox"/> identifierare              | <input type="checkbox"/> false                 |
| <input type="checkbox"/> variabel                   | <input type="checkbox"/> MinValue              |
| <input type="checkbox"/> typ                        | <input type="checkbox"/> MaxValue              |
| <input type="checkbox"/> tilldelning                | <input type="checkbox"/> aritmetik             |
| <input type="checkbox"/> namn                       | <input type="checkbox"/> slumpstal             |
| <input type="checkbox"/> val                        | <input type="checkbox"/> math.random           |
| <input type="checkbox"/> var                        | <input type="checkbox"/> logiska uttryck       |
| <input type="checkbox"/> def                        | <input type="checkbox"/> de Morgans lagar      |
| <input type="checkbox"/> inbyggda typer             | <input type="checkbox"/> while-sats            |
| <input type="checkbox"/> Int                        | <input type="checkbox"/> for-sats              |
| <input type="checkbox"/> Long                       |  |

## 1.1 Vad är programmering?

- Programmering innebär att ge instruktioner till en maskin.
- Ett **programmeringsspråk** används av människor för att skriva **källkod** som kan översättas av en **kompilator** till **maskinspråk** som i sin tur **exekveras** av en dator.
- Ada Lovelace skrev det första programmet redan på 1800-talet ämnat för en kugghjulsdator.
- Ha picknick i Ada Lovelace-parken på Brunnshög!
- [sv.wikipedia.org/wiki/Programmering](https://sv.wikipedia.org/wiki/Programmering)
- [en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_programming](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_programming)
- [kartor.lund.se/wiki/lundanamn/index.php/Ada\\_Lovelace-parken](https://kartor.lund.se/wiki/lundanamn/index.php/Ada_Lovelace-parken)



## 1.2 Vad är en kompilator?



Grace Hopper uppfann första kompilatorn 1952.

[en.wikipedia.org/wiki/Grace\\_Hopper](https://en.wikipedia.org/wiki/Grace_Hopper)



## 1.3 Vad består ett program av?

- Text som följer entydiga språkregler (gramatik):
  - **Syntax**: textens konkreta utseende
  - **Semantik**: textens betydelse (vad maskinen gör/beräknar)
- **Nyckelord**: ord med speciell betydelse, t.ex. **if**, **else**
- **Deklaration**: definitioner av nya ord: **def** gurka = 42
- **Satser** är instruktioner som *gör* något: `print("hej")`
- **Uttryck** är instruktioner som beräknar ett *resultat*: `1 + 1`
- **Data** är information som behandlas: t.ex. heltalet 42
- Instruktioner ordnas i kodstrukturer: (SARA)
  - **Sekvens**: ordningen spelar roll för vad som händer
  - **Alternativ**: olika saker händer beroende på uttrycks värde
  - **Repetition**: satser upprepas många gånger
  - **Abstraktion**: nya byggblock skapas för att återanvändas

## 1.4 Exempel på programmeringsspråk

Det finns massor med olika språk och det kommer ständigt nya.

Exempel:

- Java
- C
- C++
- C#
- Python
- JavaScript
- Scala

Topplistor:

- [TIOBE Index](#)
- [PYPL Index](#)



## 1.5 Varför Scala + Java som förstaspråk?

- Varför Scala?
  - Enkel och enhetlig syntax => lätt att skriva
  - Enkel och enhetlig semantik => lätt att fatta
  - Kombinerar flera angreppssätt => lätt att visa olika lösningar
  - Statisk typning + typhärledning => färre buggar + koncis kod
  - Scala Read-Evaluate-Print-Loop => lätt att experimentera
- Varför Java?
  - Det mest spridda språket
  - Massor av fritt tillgängliga kodbibliotek
  - Kompabilitet: fungerar på många plattformar
  - Effektivitet: avancerad & mogen teknik ger snabba program
- Java och Scala fungerar utmärkt tillsammans
- Illustrera likheter och skillnader mellan olika språk  
=> Djupare lärande

## 1.6 Hello world

```
scala> println("Hello World!")  
Hello World!
```

```
// this is Scala
```

```
object Hello {  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    println("Hejsan scala-appen!")  
  }  
}
```

```
// this is Java
```

```
public class Hi {  
  public static void main(String[] args) {  
    System.out.println("Hejsan Java-appen!");  
  }  
}
```

## 1.7 Utvecklingscykeln

editera; kompilera; hitta fel och förbättringar; editera; kompilera; hitta fel och förbättringar; editera; kompilera; hitta fel och förbättringar; editera; kompilera; hitta fel och förbättringar; editera; kompilera; hitta fel och förbättringar; ...

```
upprepa(1000){
  editera
  kompilera
  testa
}
```

## 1.8 Utvecklingsverktyg

- Din verktygskunskap är mycket viktig för din produktivitet.
- Lär dig kortkommandon för vanliga handgrep.
- Verktyg vi använder i kursen:
  - Scala **REPL**: från övn 1
  - **Texteditor** för kod, t.ex gedit: från övn 2
  - Kompilera med **scalac** och **javac**: från övn 2
  - Integrerad utvecklingsmiljö (IDE)
    - \* **Kojo**: från lab 1
    - \* **Eclipse** med plugin **ScalaIDE**: från lab 3
  - **jar** för att packa ihop och distribuera klassfiler
  - **javadoc** och **scaladoc** för dokumentation av kodbibliotek
- Andra verktyg som är bra att lära sig:
  - git för versionshantering
  - GitHub för kodlagring – men **inte** av lösningar till labbar!

## 1.9 Literaler

- Literaler representerar ett fixt **värde** i koden.  
Exempel: **42**, "hej", **true**
- Literaler används för att skapa **data** i ett program.
- Literaler har en **typ** som avgör vad man kan göra med dem.

## 1.10 Grundtyper i Scala

Dessa **grundtyper** (eng. *basic types*) finns färdiga i Scala:

<i>Svenskt namn</i>	<i>Engelskt namn</i>	<b>Grundtyper</b>
heltalstyp	integral type	Byte, Short, Int, Long, Char
flyttalstyp	floating point number types	Float, Double
numeriska typer	numeric types	heltalstyper och flyttalstyper
strängtyp (teckensekvens)	string type	String
sanningsvärdestyp (boolesk typ)	truth value type	Boolean

## 1.11 Grundtypernas implementation i JVM

<b>Grundtyp i Scala</b>	Antal bitar	Omfång minsta/största värde	<b>primitiv typ i Java &amp; JVM</b>
Byte	8	$-2^7 \dots 2^7 - 1$	byte
Short	16	$-2^{15} \dots 2^{15} - 1$	short
Char	16	$0 \dots 2^{16} - 1$	char
Int	32	$-2^{15} \dots 2^{15} - 1$	int
Long	64	$-2^{15} \dots 2^{15} - 1$	long
Float	32	$\pm 3.4028235 \cdot 10^{38}$	float
Double	64	$\pm 1.7976931348623157 \cdot 10^{308}$	int

Grundtypen String lagras som en *sekvens* av 16-bitars tecken av typen Char och kan vara av godtycklig längd (tills minnet tar slut).

## 1.12 Uttryck

Räknar ut något nytt baserat på existerande delar.

## 1.13 Identifierare

Namn på saker.

## 1.14 Speciella identifierare

Backticks för att komma runt krokar med nyckelord. 'var'

## 1.15 Övning: expressions

### Mål

- ☐ Förstå vad som händer när satser exekveras och uttryck evalueras.
- ☐ Förstå sekvens, alternativ och repetition.
- ☐ Känna till literalerna för enkla värden, deras typer och omfång.
- ☐ Kunna deklarerar och använda variabler och tilldelning, samt kunna rita bilder av minnessituationen då variablers värden förändras.
- ☐ Förstå skillnaden mellan olika numeriska typer, kunna omvandla mellan dessa och vara medveten om noggrannhetsproblem som kan uppstå.
- ☐ Förstå booleska uttryck och värdena **true** och **false**, samt kunna förenkla booleska uttryck.
- ☐ Förstå skillnaden mellan heltalsdivision och flyttalsdivision, samt användning av rest vid heltalsdivision.
- ☐ Förstå precedensregler och användning av parenteser i uttryck.
- ☐ Kunna använda **if**-satser och **if**-uttryck.
- ☐ Kunna använda **for**-satser och **while**-satser.
- ☐ Kunna använda `math.random` för att generera slumptal i olika intervall.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 1.
- ☐ Du behöver en dator med Scala installerad, se appendix C.

### 1.15.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** Starta Scala REPL (eng. *Read-Evaluate-Print-Loop*) och skriv satsen `println("hejsan REPL")` och tryck på *Enter*.

```
> scala
Welcome to Scala version 2.11.7 (Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM, Java 1.8).
Type in expressions to have them evaluated.
Type :help for more information.

scala> println("hejsan REPL")
```

- a) Vad händer?
- b) Skriv samma sats igen (eller tryck pil-upp) men "glöm bort" att skriva högerparentesen innan du trycker på *Enter*. Vad händer?
- c) Evaluera uttrycket `"gurka" + "tomat"` i REPL. Vad har uttrycket för värde och typ? Vilken siffra står efter ordet `res` i variabeln som lagrar resultatet?

```
scala> "gurka" + "tomat"
```

- d) Evaluera uttrycket `res0 * 4` (byt ev. ut 0:an mot siffran efter `res` i utskriften från förra evalueringen). Vad har uttrycket för värde och typ?

```
scala> res0 * 4
```



**Uppgift 2.** Vad är en *literal*?

[en.wikipedia.org/wiki/Literal\\_\(computer\\_programming\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Literal_(computer_programming))

**Uppgift 3.** Vilken typ har följande literaler? Försök först gissa vilken typen blir; testa sedan i REPL och notera vad det blev för typ.

- a) 15
- b) 32L
- c) '\*'
- d) "\*"
- e) 42.0
- f) 84D
- g) 32d
- h) 23F
- i) 18f
- j) **true**
- k) **false**

**Uppgift 4.** Vad gör dessa satser? Till vad används klammer och semikolon?

```
scala> def p = { print("hej"); println("san"); println(42); println("gurka") }  
scala> p;p;p;p
```

**Uppgift 5.** Satser versus uttryck.

- a) Vad är det för skillnad på en sats och ett uttryck?
- b) Ge exempel på satser som inte är uttryck?
- c) Förklara vad som händer för varje evaluerad rad:

```
1 scala> def värdeSaknas = ()  
2 scala> värdeSaknas  
3 scala> värdeSaknas.toString  
4 scala> println(värdeSaknas)  
5 scala> println(println("hej"))
```

- d) Vilken typ har literalen ()?
- e) Vilken returtyp har println?

**Uppgift 6.** Vilken typ och vilket värde har följande uttryck? Försök först gissa vilket värde och vilken typ det blir; testa sedan i REPL och notera resultatet.

- a) 1 + 41
- b) 1.0 + 18
- c) 42.toDouble
- d) (41 + 1).toDouble
- e) 1.042e42
- f) 12E6.toLong

- g) `"gurk" + 'a'`
- h) `'A'`
- i) `'A'.toInt`
- j) `'0'.toInt`
- k) `'1'.toInt`
- l) `'9'.toInt`
- m) `'A' + '0'`
- n) `('A' + '0').toChar`
- o) `"*!%#".charAt(0)`

**Uppgift 7.** *De fyra räknesätten.* Vilket värde och vilken typ har följande uttryck?

- a) `42 * 2`
- b) `42.0 / 2`
- c) `42 - 0.2`
- d) `9L + 3d`

**Uppgift 8.** *Precedensregler.* Evalueringsordningen kan styras med parenteser. Vilket värde och vilken typ har följande uttryck?

- a) `23 + 2 * 2`
- b) `(23 + 2) * 2`
- c) `(-(2 - 42)) / (1 + 1 + 1).toDouble`
- d) `((-(2 - 42)) / (1 + 1 + 1).toDouble).toInt`

**Uppgift 9.** *Heltalsdivision.* Vilket värde och vilken typ har uttrycken i deluppgifterna a till h nedan?

- a) `42 / 2`
- b) `42 / 4`
- c) `42.0 / 4`
- d) `1 / 4`
- e) `1 % 4`
- f) `45 % 42`
- g) `42 % 2`
- h) `41 % 2`

i) Skriv ett uttryck som ”plockar ut” siffran 7 ur talet 5793 med hjälp av heltalsdivision och modulatoräkning. 

**Uppgift 10.** *Heltalsomfång.* För var och en av heltalstyperna i deluppgifterna nedan: undersök i REPL med operationen `MaxValue` resp. `MinValue`, vad som är största och minsta värde, till exempel `Int.MaxValue` etc.

- a) `Byte`

- b) Short
- c) Int
- d) Long

**Uppgift 11.** Klassen `java.lang.Math` och paketobjektet `scala.math`. Genom att trycka på tab tangenten kan man se vad som finns i olika paket.

```
1 scala> java. //tryck TAB efter punkten
2 applet  awt  beans  io  lang  math  net  nio  rmi  security  sql
3
4 scala>
```

- a) Undersök genom att trycka på Tab-tangenten, vilka funktioner som finns i `Math` och `math`. Vad heter konstanten  $\pi$  i `java.lang.Math` respektive `scala.math`?

```
1 scala> java.lang.Math. //tryck TAB efter punkten
2 scala> scala.math. //tryck TAB efter punkten
```

- b) Undersök dokumentationen för klassen `java.lang.Math` här:  
<https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/Math.html>  
Vad gör `java.lang.Math.hypot`?
- c) Undersök dokumentationen för paketobjektet `scala.math` här:  
<http://www.scala-lang.org/api/current/#scala.math.package>  
Ge exempel på någon funktion i `java.lang.Math` som inte finns i `scala.math`.

**Uppgift 12.** Vad händer här? Notera undantag (eng. *exceptions*) och noggrannhetsproblem.

- a) `Int.MaxValue + 1`
- b) `1 / 0`
- c) `1E8 + 1E-8`
- d) `1E9 + 1E-9`
- e) `math.pow(math.hypot(3,6), 2)`
- f) `1.0 / 0`
- g) `(1.0 / 0).toInt`
- h) `math.sqrt(-1)`
- i) `math.sqrt(Double.NaN)`
- j) `throw new Exception("PANG!!!")`

**Uppgift 13.** Booleiska uttryck. Vilket värde och vilken typ har följande uttryck?

- a) `true && true`
- b) `false && true`
- c) `true && false`
- d) `false && false`
- e) `true || true`

- f) `false || true`
- g) `true || false`
- h) `false || false`
- i) `42 == 42`
- j) `42 != 42`
- k) `42.0001 == 42`
- l) `42.000000000000000001 == 42`
- m) `42.0001 > 42`
- n) `42.000000000000000001 > 42`
- o) `42.0001 >= 42`
- p) `42.000000000000000001 <= 42`
- q) `true == true`
- r) `true != true`
- s) `true > false`
- t) `true < false`
- u) `'A' == 65`
- v) `'S' != 66`

**Uppgift 14.** *Variabler och tilldelning.* Rita en ny bild av datorns minne efter varje evaluerad rad nedan. Bilderna ska visa variablers namn, typ och värde. 

```
1 scala> var a = 13
2 scala> var b = a + 1
3 scala> var c = (a + b) * 2.0
4 scala> b = 0
5 scala> a = 0
6 scala> c = c + 1
```

Efter första raden ser minnessituationen ut så här:

a: Int

**Uppgift 15.** *Deklarationer: `var`, `val`, `def`.* Evaluera varje rad nedan i tur och ordning i Scala REPL.


```
1 scala> var x = 30
2 scala> x + 1
3 scala> x
4 scala> x = x + 1
5 scala> x
6 scala> x == x + 1
7 scala> val y = 20
8 scala> y = y + 1
9 scala> var z = {println("gurka"); 10}
10 scala> def w = {println("gurka"); 10}
11 scala> z
12 scala> z
13 scala> z = z + 1
```

```

14 scala> w
15 scala> w
16 scala> w = w + 1

```

- a) För varje rad ovan: förklara för vad som händer.
- b) Vilka rader ger kompileringsfel och i så fall vilket och varför?
-  c) Vad är det för skillnad på **var**, **val** och **def**?
-  d) Tilldela variabeln **val** even värdet av ett uttryck som med modulo-operatorn % och likhetsoperatorn == testar om ett tal n är jämnt.
-  e) Tilldela variabeln **val** odd värdet av ett uttryck som med modulo-operatorn % och olikhetsoperatorn != testar om ett tal n är udda.

 **Uppgift 16. Tilldelningsoperatorer.** Man kan förkorta en tilldelningssats som förändrar en variabel, t.ex. `x = x + 1`, genom att använda så kallade tilldelningsoperatorer och skriva `x += 1` som betyder samma sak. Rita en ny bild av datorns minne efter varje evaluerad rad nedan. Bilderna ska visa variablers namn, typ och värde.

```

1 scala> var a = 40
2 scala> var b = a + 40
3 scala> a += 10
4 scala> b -= 10
5 scala> a *= 2
6 scala> b /= 2

```

**Uppgift 17. Stränginterpolatorn s.** Man behöver ofta skapa strängar som innehåller variabelvärden. Med ett `s` framför en strängliteral får man hjälp av kompilatorn att, på ett typsäkert sätt, infoga variabelvärden i en sträng. Variablernas namn ska föregås med ett dollartecken, t.ex. `s"Hej $namn"`. Om man vill evaluera ett uttryck placeras detta inom klammer direkt efter dollartecknet, t.ex. `s"Dubbla längden: ${namn.size * 2}"`

```

1 scala> val f = "Kim"
2 scala> val e = "Robinson"
3 scala> val tot = f.size + e.size
4 scala> println(s"Namnet '$f $e' har $tot bokstäver.")
5 scala> println(s"Efternamnet '$e' har ${e.size} bokstäver.")

```

- a) Vad skrivs ut ovan?
- b) Skapa följande utskrifter med hjälp av stränginterpolatorn `s` och lämpliga variabler.

```

1 Namnet 'Kim' har 3 bokstäver.
2 Namnet 'Robinson' har 9 bokstäver.

```

**Uppgift 18. if-sats.** För varje rad nedan; förklara vad som händer.

```

1 scala> if (true) println("sant") else println("falskt")
2 scala> if (false) println("sant") else println("falskt")

```

```

3 scala> if (!true) println("sant") else println("falskt")
4 scala> if (!false) println("sant") else println("falskt")
5 scala> def singlaSlant =
6 scala>   if (math.random > 0.5) print(" krona") else print(" klave")
7 scala> singlaSlant; singlaSlant; singlaSlant

```

**Uppgift 19. if-uttryck.** Deklarera följande variabler med nedan initialvärden:

```

scala> var grönsak = "gurka"
scala> var frukt = "banan"

```

Vad har följande uttryck för värden och typ?

- `if (grönsak == "tomat") "gott" else "inte gott"`
- `if (frukt == "banan") "gott" else "inte gott"`
- `if (frukt.size == grönsak.size) "lika stora" else "olika stora"`
- `if (true) grönsak else frukt`
- `if (false) grönsak else frukt`

**Uppgift 20. for-sats.** Med bakåtpilen `<-` kan man i en `for`-sats ange vilka värden som ska gås igenom i sekvens. Vid varje runda i loopen får en lokal variabel ett nytt värde i sekvensen.

- Vad ger nedan `for`-satser för utskrift?

```

1 scala> for (i <- 1 to 10) print(i + ", ")
2 scala> for (i <- 1 until 10) print(i + ", ")
3 scala> for (i <- 1 to 5) print((i * 2) + ", ")
4 scala> for (i <- 1 to 92 by 10) print(i + ", ")
5 scala> for (i <- 10 to 1 by -1) print(i + ", ")

```

- Skriv en `for`-sats som ger följande utskrift:

```
A1, A4, A7, A10, A13, A16, A19, A22, A25, A28, A31, A34, A37, A40, A43,
```

**Uppgift 21.** Repetition med metoden `foreach`. Efter framåtpilen `=>` (se nedan) anges vad som ska hända för varje element som gås igenom sekventiellt. Vid varje runda i loopen får en lokal variabel ett nytt värde ur sekvensen.

- Vad ger nedan satser för utskrifter?

```

1 scala> (9 to 19).foreach{i => print(i + ", ")}
2 scala> (1 until 20).foreach{i => print(i + ", ")}
3 scala> (0 to 33 by 3).foreach{i => print(i + ", ")}

```

- Använd `foreach` och skriv ut följande:

```
B33, B30, B27, B24, B21, B18, B15, B12, B9, B6, B3, B0,
```

**Uppgift 22. while-sats.** En sats eller ett block med satser upprepas så länge ett villkor är sant.

- Vad ger nedan satser för utskrifter?

```

1 scala> var i = 0
2 scala> while (i < 10) { println(i); i = i + 1 }
3 scala> var j = 0; while (j <= 10) { println(j); j = j + 2 }; println(j)

```

b) Skriv en **while**-sats som ger följande utskrift. Använd en variabel *k* som initialiseras till 1.

```
A1, A4, A7, A10, A13, A16, A19, A22, A25, A28, A31, A34, A37, A40, A43,
```

 c) Vilken av **for**, **while** och **foreach** är kortast att skriva om man vill repetera mer än en sats 100 gånger? Vilken tycker du är lättast att läsa?

**Uppgift 23. Slumptal.** Undersök vad dokumentationen säger om funktionen `scala.math.random`:

<http://www.scala-lang.org/api/current/#scala.math.package>

-  a) Vilken typ har värdet som returneras av funktionen `random`?
-  b) Vilket är det minsta respektive största värde som kan returneras?
-  c) Är `random` en *äkte* funktion (eng. *pure function*) i matematisk mening?
- d) Anropa funktionen `math.random` upprepade gånger och notera vad som händer. Använd *pil-upp*-tangenter.

```
scala> math.random
```

e) Vad händer? Använd *pil-upp* och kör nedan **for**-sats flera gånger. Förklara vad som sker.

```
scala> for (i <- 1 to 20) println((math.random * 3 + 1).toInt)
```

f) Skriv en **for**-sats som skriver ut 100 slumpmässiga heltal från 0 till och med 9 på var sin rad.

```
scala> for (i <- 1 to 100) println(???)
```

g) Skriv en **for**-sats som skriver ut 100 slumpmässiga heltal från 1 till och med 6 på samma rad.

```
scala> for (i <- 1 to 100) print(???)
```

h) Använd *pil-upp* och kör nedan **while**-sats flera gånger. Förklara vad som sker.

```
scala> while (math.random > 0.2) println("gurka")
```


i) Ändra i **while**-satsen ovan så att sannolikheten ökar att riktigt många strängar ska skrivas ut.

j) Förklara vad som händer nedan.

```

1 scala> var slumptal = math.random
2 scala> while (slumptal > 0.2) { println(slumptal); slumptal = math.random }

```

**Uppgift 24.** *Logik och De Morgans Lagar.* Förenkla följande uttryck. Antag att poäng och highscore är heltalsvariabler medan klar är av typen Boolean. 

- a) `poäng > 100 && poäng > 1000`
- b) `poäng > 100 || poäng > 1000`
- c) `!(poäng > highscore)`
- d) `!(poäng > 0 && poäng < highscore)`
- e) `!(poäng < 0 || poäng > highscore)`
- f) `klar == true`
- g) `klar == false`

### 1.15.2 Extrauppgifter

**Uppgift 25.** *Slumptal.*

- a) Ersätt ??? nedan med literaler så att tärning returnerar ett slumpmässigt heltal mellan 1 och 6.

```
scala> def tärning = (math.random * ??? + ???).toInt
```

- b) Ersätt ??? med literaler så att rnd blir ett decimaltal med max en decimal mellan 0.0 och 1.0.

```
scala> def rnd = math.round(math.random * ???) / ???
```

- c) Vad blir det för skillnad om `math.round` ersätts med `math.floor` ovan? (Se dokumentationen av `java.lang.Math.round` och `java.lang.Math.floor`.)

### 1.15.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 26.** Läs om modulatoräkning här [en.wikipedia.org/wiki/Modulo\\_operation](https://en.wikipedia.org/wiki/Modulo_operation) och undersök hur det blir med olika tecken (positivt resp. negativt) på divisor och dividend.

**Uppgift 27.** **TODO!!!** Backticks. `val `konstig val` = 42`

**Uppgift 28.** **TODO!!!** `Integer.toBinaryString`, `Integer.toHexString`

**Uppgift 29.** **TODO!!!** Typannoteringar.

**Uppgift 30.** **TODO!!!** `0x2a`

**Uppgift 31.** **TODO!!!** `i += 1`; `i *= 1`; `i /= 2`

**Uppgift 32.** **TODO!!!** `BigInt`, `BigDecimal`

**Uppgift 33.** **TODO!!!** Vad händer här?



```
scala> Math.multiplyExact(2, 42)
scala> Math.multiplyExact(Int.MaxValue, Int.MaxValue)
```

**Uppgift 34.** Sök reda på dokumentationen i javadoc för klassen `java.lang.Math` i JDK 8. Tryck Ctrl+F i webbläsaren och sök efter förekomster av texten "overflow". Vad är "overflow"? Vilka metoder finns i `java.lang.Math` som hjälper dig att upptäcka om det blir overflow?

**Uppgift 35.** Använda Scala REPL för att undersöka konstanterna nedan. Vilket av dessa värden är negativt? Vad kan man ha för praktisk nytta av dessa värden i ett program som gör flyttalsberäkningar?

- a) `java.lang.Double.MIN_VALUE`
- b) `scala.Double.MinValue`
- c) `scala.Double.MinPositiveValue`

**Uppgift 36.** För typerna `Byte`, `Short`, `Char`, `Int`, `Long`, `Float`, `Double`: Undersök hur många bitar som behövs för att representera varje typs omfång?

*Tips:* Några användbara uttryck:

```
Integer.toString(Integer.MAX_VALUE + 1).size
```

```
Integer.toString((math.pow(2,16) - 1).toInt).size
```

`1 + math.log(Long.MaxValue)/math.log(2)` Se även språkspecifikationen för Scala, kapitlet om heltalsliterals:

<http://www.scala-lang.org/files/archive/spec/2.11/01-lexical-syntax.html#integer-literals>

- a) Undersök källkoden för paketobjektet `scala.math` här:

<https://github.com/scala/scala/blob/v2.11.7/src/library/scala/math/package.scala>

Hur många olika överlagrade varianter av funktionen `abs` finns det och för vilka parametertyper är den definierad?

**Uppgift 37.** Läs mer om stränginterpolatorer här:

[docs.scala-lang.org/overviews/core/string-interpolation.html](https://docs.scala-lang.org/overviews/core/string-interpolation.html)

Hur kan du använda f-interpolatorn för att göra följande utskrift i REPL? Byt ut ??? mot lämpliga tecken.

```
scala> val g: Double = 1 / 3.0
scala> val s: String = f"Gurkan är ??? meter lång"
scala> println(s)
Gurkan är 0.333 meter lång
```

## 1.16 Laboration: kojo

### Mål

- ☐ Kunna kombinera principerna sekvens, alternativ, repetition, och abstraktion i skapandet av egna program om minst 20 rader kod.
- ☐ Kunna förklara vad ett program gör i termer av sekvens, alternativ, repetition, och abstraktion.
- ☐ Kunna tillämpa principerna sekvens, alternativ, repetition, och abstraktion i enkla algoritmer.
- ☐ Kunna formatera egna program så att de blir lätta att läsa och förstå.
- ☐ Kunna förklara vad en variabel är och kunna skriva deklarationer och göra tilldelningar.
- ☐ Kunna genomföra upprepade varv i cykeln *editera-exekvera-felsöka / förbättra* för att succesivt bygga upp allt mer utvecklade program.

### Förberedelser

- ☐ Gör övning expressions i kapitel 1.15.
- ☐ Bläddra igenom ”Kojo - An Introduction” (25 sidor) som du kan ladda ner i pdf här: <http://www.kogics.net/kojo-ebooks>
- ☐ Du behöver en dator med Kojo installerad, se appendix E.2.

### 1.16.1 Obligatoriska uppgifter


#### Uppgift 1. Sekvens.

a) Starta Kojo. Om du inte redan har svenska menyer: välj svenska i språkmenyn och starta om Kojo. Skriv in nedan program och tryck på den *gröna* play-knappen. Du hittar en lista med några fler funktioner på svenska och engelska i appendix E.2.

```
sudda  
  
fram; höger  
fram; vänster
```

b) Prova att ändra på ordningen mellan satserna och använd den *gula* play-knappen (programspårning) för att studera vad som händer. Klicka på satser i ditt program och på rutor i programspårningen och se vad som händer.

c) Prova satser i sekvens på flera rader, respektive på samma rad med semikolon emellan. Hur vill du gruppera dina satser så att de är lätta för en människa att läsa?

d) Vad händer om du *inte* börjar programmet med sudda och kör det upprepade gånger? Varför är det bra börja programmet med sudda? 

e) Rita en kvadrat som i bilden nedan.



f) Rita en trappa som i bilden nedan.



g) Rita och mät.

- Börja ditt program med dessa satser:  
`sudda; axesOn; gridOn; sakta(0); osynlig`
- Rita sedan en kvadrat som har 444 längdenheter i omkrets.
- Ta fram linjalen med höger-klick i ritfönstret och mät så exakt du kan hur lång diagonalen i kvadraten är. Skriv ner resultatet.  
*Tips:* Du kan zooma med mushjulet om du håller nere Ctrl-knappen. Du kan flytta linjalen om du klick-drar på linjalens skalstreck. Du kan vrida linjalen om du klickar på skalstrecken och håller nere Shift-tangenten.
- Kontrollera med hjälp av `math.hypot` och `println` vad det exakta svaret är. Skriv ner svaret med 3 decimalers noggrannhet. Du kan t.e.x. använda REPL i ett terminalfönster bredvid, eller öppna ett nytt extra Kojo-fönster i Arkiv-menyn, eller lägga in utskrifterna sist i ditt befintliga program. Utskrifter med `println` i Kojo sker i utdatafönstret.

h) Rita en liksidig triangel med sidan 300 längdenheter genom att ge lämpliga argument till fram och höger. Vinklar anges i grader.

- ✓ 👁 i) Visa dina resultat för en handledare och diskutera hur uppgifterna ovan illustrerar principen om sekvens.

### Uppgift 2. Repetition.

- Rita en kvadrat igen, men nu med hjälp av proceduren `upprepa(n){ ??? }` där du ersätter `n` med antalet repetitioner och `???` med de satser som ska repeteras.
- Kör ditt program med den gula play-knappen. Studera hur repetitionen påverkar exekveringssekvensen. Vid vilka punkter i programmet sker ett "hopp" i sekvensen i stället för att efterföljande sats exekveras? Använd lämpligt argument till `sakta` för att du ska hinna studera exekveringen.
- Anropa proceduren `sakta(???)` med lämplig parameter och gör så att sköldpaddan går totalt 20 varv i kvadraten på ungefär 2 sekunder. *Tips:* Du

kan köra ditt program med *Ctrl+Enter* i stället för att trycka på den gröna play-knappen. Anropa sakta i början av ditt program men *efter* sudda. (Vad händer om du anropar sakta före sudda?)

d) Prova nedan program. Med `sakta(0)` blir det ingen fördröjning och utritningen sker så snabbt som möjligt. Ungefär hur många kvadratvarv hinner sköldpaddan rita per sekund om utritningen sker utan fördröjning?

```
sudda; sakta(0)
val t1 = System.currentTimeMillis
upprepa(800*4){fram;höger}
val t2 = System.currentTimeMillis
println("Det tog " + (t2 - t1) + " millisekunder")
```

e) Rita en kvadrat igen, men nu med hjälp av en **while**-sats och en loop-variabel.

```
var i = 0
while (???) {fram; höger; i = ???}
```

f) Rita en kvadrat igen, men nu med hjälp av en **for**-sats.

```
for (i <- 1 to ???) {???
```

g) Rita en kvadrat igen, men nu med hjälp av `foreach`.

```
(1 to ???).foreach{i => ???}
```

h) Visa dina resultat för en handledare och diskutera hur uppgifterna ovan ✓ 👁 illustrerar principen om repetition.

### Uppgift 3. Abstraktion.

a) Använd en repetition för abstrahera nedan sekvens, så att programmet blir kortare:

```
sudda

fram; höger; hoppa; fram; vänster; hoppa; fram; höger;
hoppa; fram; vänster; hoppa; fram; höger; hoppa; fram;
vänster; hoppa; fram; höger; hoppa; fram; vänster; hoppa;
fram; höger; hoppa; fram; vänster; hoppa
```

b) Sök på nätet efter "DRY principle programming" och beskriv med egna ord vad DRY betyder och varför det är en viktig princip. 📝

c) Använd proceduren kvadrat nedan och proceduren hoppa(???) för att rita en stapel med 10 kvadrater enligt bilden.

```
def kvadrat = for (i <- 1 to 4) {fram; höger}
```



d) Kör ditt program med den *gula* play-knappen. Studera hur anrop av proceduren `kvadrat` påverkar exekveringssekvensen av dina satser. Vid vilka punkter i programmet sker ett "hopp" i sekvensen i stället för att efterföljande sats att exekveras? Använd lämpligt argument till `sakta` för att du ska hinna studera exekveringen.

e) Rita samma bild med 10 staplade kvadrater som ovan, men nu *utan* att använda abstraktionen `kvadrat` – använd i stället en nästlad repetition (alltså en upprepning innuti en upprepning). Vilket av de två sätten (med och utan abstraktionen `kvadrat`) är lättast att läsa?

*Tips:* Varje gång du trycker på någon av play-knapparna, sparas ditt program. Du kan se dina sparade program om du klickar på *Historik*-fliken. Du kan också stega bakåt och framåt i historiken med de blå pilarna bredvid play-knapparna.

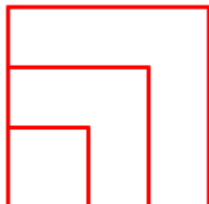
f) Skapa en abstraktion `def stapel = ???` med din kod för att rita en stapel.

g) Du ska nu generalisera din procedur så att den inte bara kan rita exakt 10 kvadrater i en stapel. Ge proceduren `stapel` en parameter `n` som styr hur många kvadrater som ritas.

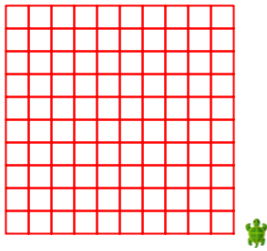
```
def kvadrat = ???
def stapel(n: Int) = ???

sudda; sakta(100)
stapel(42)
```

h) Ge abstraktionen `kvadrat` en parameter `sida: Double` som anger hur stor kvadraten blir. Rita flera kvadrater i likhet med bilden nedan.



i) Rita nedan bild med hjälp av abstraktionen `stapel`. Det är totalt 100 kvadrater och varje kvadrat har sidan 25. *Tips:* Med ett negativt argument till procedur `hoppa` kan du få sköldpaddan att hoppa baklänges utan att rita, t.ex. `hoppa(-10*25)`



- j) Skapa en abstraktion rutnät med lämpliga parametrar som gör att man kan rita rutnät med olika stora kvadrater och olika många kvadrater i både x- och y-led.
- k) Se över ditt program i föregående uppgift och säkerställ att det är lättläst ✓ 👁 och följer en struktur som börjar med alla definitioner i logisk ordning och därefter fortsätter med huvudprogrammet. Diskutera ditt program med en handledare. Vad har du gjort för att programmet ska vara lättläst?

#### Uppgift 4. Variabel.

- a) Skriv in nedan program *exakt* som det står med blanktecken, indragningar och radbrytningar. Kör programmet och förklara vad som händer.

```
def gurka(x: Double,
          y: Double, namn: String,
          typ: String,
          värde:String) = {
  val bredd = 15
  val h = 30
  hoppaTill(x,y)
  norr
  skriv(namn+": "+typ)
  hoppaTill(x+bredd*(namn.size+typ.size),y)
  skriv(värde); söder; fram(h); vänster
  fram(bredd * värde.size); vänster
  fram(h); vänster
  fram(bredd * värde.size); vänster
}

sudda; färg(svart)
val s = 130
val h = 40
var x = 42; gurka(10, s-h*0, "x","Int", x.toString)
var y = x; gurka(10, s-h*1, "y","Int", y.toString)
x = x + 1; gurka(10, s-h*2, "x","Int", x.toString)
          gurka(10, s-h*3, "y","Int", y.toString)
osynlig
```

- b) Skriv ner namnet på alla variabler som förekommer i programmet ovan. 📝

-  c) Vilka av dessa variabler är lokala?
-  d) Vilka av dessa variabler kan förändras efter initialisering?
-  e) Föreslå tre förändringar av programmet ovan (till exempel namnbyten) som gör att det blir lättare att läsa och förstå.
- f) Gör sök-ersätt av gurka till ett bättre namn. *Tips:* undersök kontextmenyn i editorn i Kojo genom att högerklicka i editorfönstret. Notera kortkommandot för Sök/Ersätt.
- ✓  g) Gör automatisk formatering av koden med hjälp av lämpligt kortkommando. Notera skillnaderna. Vilka autoformateringar gör programmet lättare att läsa? Vilka manuella formateringar tycker du bör göras för att öka läsbarheten? Diskutera läsbarheten med en handledare.

### Uppgift 5. Alternativ.

- a) Kör programmet nedan. Förklara vad som händer. Använd den gula play-knappen för att studera exekveringen.

```
sudda; sakta(5000)

def move(key: Int): Unit = {
  println("key: " + key)
  if (key == 87) fram(10)
  else if (key == 83) fram(-10)
}

move(87); move('W'); move('W')
move(83); move('S'); move('S'); move('S')
```

- b) Kör programmet nedan. Notera activateCanvas för att du ska slippa klicka i ritfönstret innan du kan styra paddan. Lägg till kod i move som gör att tangenten A ger en vridning moturs med 5 grader medan tangenten D ger en vridning medurs 5 grader.

```
sudda; sakta(0); activateCanvas

def move(key: Int): Unit = {
  println("key: " + key)
  if (key == 'W') fram(10)
  else if (key == 'S') fram(-10)
}

onKeyPress(move)
```

- c) Bygg vidare på programmet i deluppgift b och lägg till nedan kod i början av programmet. Lägg även till kod som gör så att om man trycker på tangenten G så sätts rutnätet omväxlande på och av.

```
var isGridOn = false
```

```
def toggleGrid =
  if (isGridOn) {
    gridOff
    isGridOn = false
  } else {
    gridOn
    isGridOn = true
  }
```

d) Visa din lösning för en handledare och förklara vad som händer.



### 1.16.2 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 6.** Gör så att när man trycker på tangenten X så sätter man omväxlande på och av koordinataxlarna. Använd en variabel `isAxesOn` och definiera en abstraktion `toggleAxes` som anropar `axesOn` och `axesOff` på liknande sätt som i föregående uppgift.

**Uppgift 7. Tidmätning.** Hur snabb är din dator?

a) Skriv in koden nedan i Kojos editor och kör upprepade gånger med den gröna play-knappen. Hur lång tid tar det för din dator att räkna till 4.4 miljarder?<sup>1</sup>

```
object timer {
  def now: Long = System.currentTimeMillis
  var saved: Long = now
  def elapsedMillis: Long = now - saved
  def elapsedSeconds: Double = elapsedMillis / 1000.0
  def reset: Unit = { saved = now }
}

// HUVUDPROGRAM:
timer.reset
var i = 0L
while (i < 1e8.toLong) { i += 1 }
val t = timer.elapsedSeconds
println("Räknade till " + i + " på " + t + " sekunder.")
```

b) Om du kör på en Linux-maskin: Kör nedan Linux-kommando upprepade gånger i ett terminalfönster. Med hur många MHz kör din dators klocka för tillfället? Hur förhåller sig klockfrekvensen till antalet runder i while-loopen i

<sup>1</sup>Det går att göra ungefär en heltalsaddition per klockcykel per kärna. Den första elektroniska datorn Eniac hade en klockfrekvens motsvarande 5kHz. Björn Regnells dator har en i7-4790K som turboklockar på 4.4 GHz.



föregående uppgift? (Det kan hända att din dator kan variera centralprocessorns klockfrekvens. Prova både medan du kör tidmätningen i Kojo och då din dator "vilar". Vad är det för poäng med att en processor kan variera sin klockfrekvens?)

```
1 > lscpu | grep MHz
```

c) Ändra i koden i uppgift a) så att **while**-loopen bara kör 5 gånger. Kör programmet med den gula play-knappen. Scrolla i programspårningen och förklara vad som händer. Klicka på CALL-rutorna och se vilken rad som markeras i ditt program.

d) Lägg till koden nedan i ditt program och försök ta reda på ungefär hur långt din dator hinner räkna till på en sekund för Long- respektive Int-variabler. Använd den gröna play-knappen.

```
def timeLong(n: Long): Double = {
  timer.reset
  var i = 0L
  while (i < n) { i += 1 }
  timer.elapsedSeconds
}

def timeInt(n: Int): Double = {
  timer.reset
  var i = 0
  while (i < n) { i += 1 }
  timer.elapsedSeconds
}

def show(msg: String, sec: Double): Unit = {
  print(msg + ": ")
  println(sec + " seconds")
}

def report(n: Long): Unit = {
  show("Long " + n, timeLong(n))
  if (n <= Int.MaxValue) show("Int  " + n, timeInt(n.toInt))
}

// HUVUDPROGRAM, mätningar:

report(Int.MaxValue)

for (i <- 1 to 10) {
  report(4.26e9.toLong)
}
```

e) Hur mycket snabbare går det att räkna med Int-variabler jämfört med Long-variabler? Visa svaret för en handledare. ✓ 👁

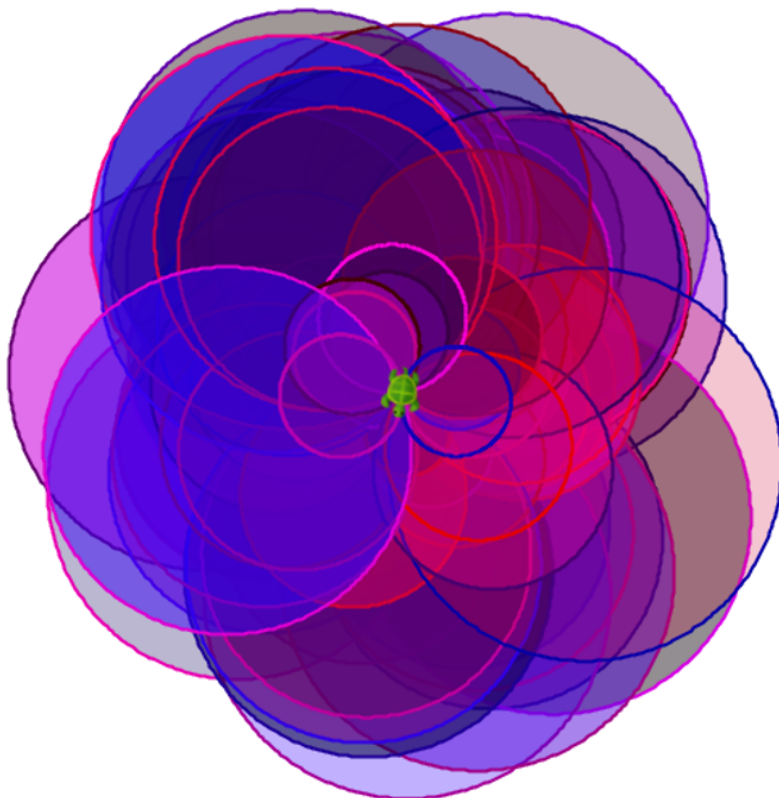
**Uppgift 8.** Lek med färg i Kojo. Sök på internet efter dokumentationen för klassen `java.awt.Color` och studera vilka heltalsparametrar den sista konstruktorn i listan med konstruktorer tar för att skapa sRGB-färger. Om du högerklickar i editorn i Kojo och väljer "Välj färg..." får du fram färgväljaren och med den kan du välja fördefinierade färger eller blanda egna färger. När du har valt färg får du se vilka parametrar till `java.awt.Color` som skapar färgen.

```

1 scala> val c = new java.awt.Color(124,10,78,100)
2 c: java.awt.Color = java.awt.Color[r=124,g=10,b=78]
3
4 scala> c. // tryck på TAB
5 asInstanceOf  getColorComponents  getRGBComponents
6 brighter      getColorSpace      getRed
7 createContext  getComponents  getTransparency
8 darker        getGreen          isInstanceOf
9 getAlpha      getRGB           toString
10 getBlue       getRGBColorComponents
11
12 scala> c.getAlpha
13 res3: Int = 100

```

Skriv ett program som ritar många figurer med olika färger, till exempel cirklar som nedan. Om du använder alfakanalen blir färgerna genomskinliga.



**Uppgift 9.** Ladda ner dessa pdf-kompendier och gör några uppgifter som du tycker verkar intressanta:

- a) "Uppdrag med Kojo" som kan laddas ner här: [lth.se/programmera/uppdrag](http://lth.se/programmera/uppdrag)
- b) "Programming Fundamentals with Kojo" som kan laddas ner här: [wiki.kogics.net/kojo-codeactive-books](http://wiki.kogics.net/kojo-codeactive-books)

**Uppgift 10.** Om du vill jobba med att hjälpa skolbarn att lära sig programmera med Kojo, kontakta <http://www.vattenhallen.lth.se> och anmäl ditt intresse att vara handledare.



# Kapitel 2

## Kodstrukturer

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ Range
- ☐ Array
- ☐ Vector
- ☐ iterering
- ☐ for-uttryck
- ☐ map
- ☐ foreach
- ☐ algoritm vs implementation
- ☐ pseudokod
- ☐ algoritm: SWAP
- ☐ algoritm: SUM
- ☐ algoritm: MIN/MAX
- ☐ algoritm: MININDEX
- ☐ block
- ☐ namnsynlighet
- ☐ namnöverskuggning
- ☐ lokala variabler
- ☐ paket
- ☐ import
- ☐ filstruktur
- ☐ jar
- ☐ dokumentation
- ☐ programlayout
- ☐ JDK
- ☐ main i Java vs Scala
- ☐ `java.lang.System.out.println`

## 2.1 Övning: programs

### Mål

- ☐ Kunna skapa samlingarna Range, Array och Vector med heltals- och strängvärden.
- ☐ Kunna indexera i en indexerbar samling, t.ex. Array och Vector.
- ☐ Kunna anropa operationerna size, mkString, sum, min, max på samlingar som innehåller heltal.
- ☐ Känna till grundläggande skillnader och likheter mellan samlingarna Range, Array och Vector.
- ☐ Förstå skillnaden mellan en for-sats och ett for-uttryck.
- ☐ Kunna skapa samlingar med heltalsvärden som resultat av enkla for-uttryck.
- ☐ Förstå skillnaden mellan en algoritm i pseudo-kod och dess implementation.
- ☐ Kunna implementera algoritmerna SUM, MIN/MAX på en indexerbar samling med en **while**-sats.
- ☐ Kunna köra igång enkel Scala-kod i REPL, som skript och som applikation.
- ☐ Kunna implementera och köra igång ett Java-program.
- ☐ Känna till några grundläggande syntaxskillnader mellan Scala och Java, speciellt variabeldeklarationer och indexering i Array.
- ☐ Förstå vad ett block är.
- ☐ Förstå vad en lokal variabel är.
- ☐ Förstå hur nästlade block påverkar namnsynlighet och namnöverskuggning.
- ☐ Förstå kopplingen mellan paketstruktur och klassfilstruktur.
- ☐ Kunna skapa en jar-fil.
- ☐ Kunna skapa dokumentation med scaladoc.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 2.
- ☐ Bekanta dig med grundläggande terminalkommandon, se appendix A.
- ☐ Bekanta dig med den editor du vill använda, se appendix B.

### 2.1.1 Grunduppgifter


**Uppgift 1.** *Datastrukturen Range.* Evaluera nedan uttryck i Scala REPL. Vad har respektive uttryck för värde och typ?

- a) Range(1, 10)
- b) Range(1, 10).inclusive
- c) Range(0, 50, 5)
- d) Range(0, 50, 5).size

- e) `Range(0, 50, 5).inclusive`
- f) `Range(0, 50, 5).inclusive.size`
- g) `0.until(10)`
- h) `0 until (10)`
- i) `0 until 10`
- j) `0.to(10)`
- k) `0 to 10`
- l) `0.until(50).by(5)`
- m) `0 to 50 by 5`
- n) `(0 to 50 by 5).size`
- o) `(1 to 1000).sum`

**Uppgift 2.** *Datastrukturen Array.* Kör nedan kodrader i Scala REPL. Beskriv vad som händer.


- a) `val xs = Array("hej", "på", "dej", "!")`
- b) `xs(0)`
- c) `xs(3)`
- d) `xs(4)`
- e) `xs(1) + " " + xs(2)`
- f) `xs.mkString`
- g) `xs.mkString(" ")`
- h) `xs.mkString("(", ", ", ")")`
- i) `xs.mkString("Array(", ", ", ", ")")`
- j) `xs(0) = 42`
- k) `xs(0) = "42"; println(xs(0))`
- l) `val ys = Array(42, 7, 3, 8)`
- m) `ys.sum`
- n) `ys.min`
- o) `ys.max`
- p) `val zs = Array.fill(10)(42)`
- q) `zs.sum`

-  r) *Datastrukturen Range* håller reda på start- och slutvärde, samt stegstorleken för en uppräknings, men alla talen i uppräknings genereras inte förrän så behövs. En `Int` tar 4 bytes i minnet. Ungefär hur mycket plats i minnet tar de objekt som variablerna `r` respektive `a` refererar till nedan?

```
1 scala> val r = (1 to Int.MaxValue by 2)
2 scala> val a = r.toArray
```

*Tips:* Använd uttrycket `BigInt(Int.MaxValue) * 2` i dina beräkningar.

**Uppgift 3.** *Datastrukturen Vector.* Kör nedan kodrader i Scala REPL. Beskriv vad som händer.

- a) `val words = Vector("hej", "på", "dej", "!")`
- b) `words(0)`
- c) `words(3)`
- d) `words.mkString`
- e) `words.mkString(" ")`
- f) `words.mkString("(", ", ", ")")`
- g) `words.mkString("Ord(", ", ", ")")`
- h) `words(0) = "42"`
- i) `val numbers = Vector(42, 7, 3, 8)`
- j) `numbers.sum`
- k) `numbers.min`
- l) `numbers.max`
- m) `val moreNumbers = Vector.fill(10000)(42)`
- n) `moreNumbers.sum`
- o) Jämför med uppgift 2. Vad kan man göra med en Array som man inte kan göra med en Vector? 

**Uppgift 4.** *for-uttryck.* Evaluera nedan uttryck i Scala REPL. Vad har respektive uttryck för värde och typ?

- a) `for (i <- Range(1,10)) yield i`
- b) `for (i <- 1 until 10) yield i`
- c) `for (i <- 1 until 10) yield i + 1`
- d) `for (i <- Range(1,10).inclusive) yield i`
- e) `for (i <- 1 to 10) yield i`
- f) `for (i <- 1 to 10) yield i + 1`
- g) `(for (i <- 1 to 10) yield i + 1).sum`
- h) `for (x <- 0.0 to 2 * math.Pi by math.Pi/4) yield math.sin(x)`

**Uppgift 5.** *Metoden map på en samling.* Evaluera nedan uttryck i Scala REPL. Vad har respektive uttryck för värde och typ?

- a) `Range(0,10).map(i => i + 1)`
- b) `(0 until 10).map(i => i + 1)`
- c) `(1 to 10).map(i => i * 2)`
- d) `(1 to 10).map(_ * 2)`
- e) `Vector.fill(10000)(42).map(_ + 43)`

**Uppgift 6.** *Metoden foreach på en samling.* Kör nedan satser i Scala REPL. Vad händer?



- a) `Range(0,10).foreach(i => println(i))`
- b) `(0 until 10).foreach(i => println(i))`
- c) `(1 to 10).foreach{i => print("hej"); println(i * 2)}`
- d) `(1 to 10).foreach(println)`
- e) `Vector.fill(10000)(math.random).foreach(r => if (r > 0.99) print("pling!"))`

### Uppgift 7. Algoritm: SWAP.

- a) Skriv med *pseudo-kod* algoritmen SWAP. Beskriv på vanlig svenska, steg för steg, hur en variabel *temp* används för mellanlagring vid värdebytet:

*Indata:* två heltalsvariabler *x* och *y*  
???

*Utdata:* variablerna *x* och *y* vars värden har bytt plats.

- b) Implementerar algoritmen SWAP. Ersätt ??? nedan med satser separerade av semikolon:

```
1 scala> var (x, y) = (42, 43)
2 scala> ???
3 scala> println("x är " + x + ", y är " + y)
4 x är 43, y är 42
```

### Uppgift 8. Skript. Skapa med hjälp av en editor en fil med namn `hello-script.scala` som innehåller denna enda rad:

```
println("hej skript")
```

Spara filen och kör kommandot `scala hello-script.scala` i terminalen:

```
> scala hello-script.scala
```

- a) Vad händer?
- b) Ändra i filen så att högerparentesen saknas. Spara och kör skriptfilen igen. Vad händer?
- c) Lägg till en sats sist i skriptet som skriver ut summan av de ett tusen stycken heltalen från och med 2 till och med 1001, så som visas nedan.

```
1 > scala hello-script.scala
2 hej skript
3 501500
```

- d) Ändra i `hello-script.scala` genom att införa **val** `n = args(0).toInt` och använd `n` som övre gräns för summeringen av de `n` första heltalen.

```
1 > scala hello-script.scala 5001
2 hej skript
3 12507501
```

e) Vad blir det för felmeddelande om du glömmer ge programmet ett argument?

**Uppgift 9.** *Applikation med main-metod.* Skapa med hjälp av en editor en fil med namn `hello-app.scala`.

```
> gedit hello-app.scala
```

Skriv dessa rader i filen:

```
object Hello {  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    println("Hej scala-app!")  
  }  
}
```

a) Kompilera med `scalac hello-app.scala` och kör koden med `scala Hello`.

```
> scalac hello-app.scala  
> ls  
> scala Hello
```

Vad heter filerna som kompilatorn skapar?

b) Ändra i din kod så att kompilatorn ger följande felmeddelande:  
Missing closing brace

c) Varför behövs `main`-metoden?

d) Vilket alternativ går snabbast att köra igång, ett skript eller en kompilerad applikation? Varför? Vilket alternativ kör snabbast när väl exekveringen är igång?

**Uppgift 10.** *Java-applikation.* Skapa med hjälp av en editor en fil med namn `Hi.java`.

```
> gedit Hi.java
```



Skriv dessa rader i filen:

```
public class Hi {  
  public static void main(String[] args) {  
    System.out.println("Hej Java-app!");  
  }  
}
```

Kompilera med `javac Hi.java` och kör koden med `java Hi`.

```
> javac Hi.java  
> ls  
> java Hi
```

a) Vad heter filen som kompilatorn skapat?


-  b) Jämför signaturen för Java-programmets main-metod med signaturen för Scala-programmets main-metod. De betyder samma sak men syntaxen är olika. Beskriv skillnader och likheter i syntaxen.
-  c) Vad blir det för felmeddelande om källkodsfilen och klassnamnet inte överensstämmer i ett Java-program?

**Uppgift 11.** *Algoritm: SUMBUG.* Nedan återfinns pseudo-koden för SUMBUG.

**Indata** : heltalet  $n$   
**Resultat** : utskrift av summan av de första  $n$  heltalen

```

1  $sum \leftarrow 0$ 
2  $i \leftarrow 1$ 
3 while  $i \leq n$  do
4   |  $sum \leftarrow sum + 1$ 
5 end
6 skriv ut  $sum$ 
```

-  a) Kör algoritmen steg för steg med penna och papper, där du skriver upp hur värdena för respektive variabel ändras. Det finns två buggar i algoritmen. Vilka? Rätta buggarna och test igen genom att "köra" algoritmen med penna på papper och kontrollera så att algoritmen fungerar för  $n = 0$ ,  $n = 1$ , och  $n = 5$ . Vad händer om  $n = -1$ ?
- b) Skapa med hjälp av en editor filen `sumn.scala`. Implementera algoritmen SUM enligt den rättade pseudokoden och placera implementationen i en main-metod i ett objekt med namnet `sumn`. Du kan skapa indata  $n$  till algoritmen med denna deklaration i början av din main-metod:

```
val n = args(0).toInt
```

Vad ger applikationen för utskrift om du kör den med argumentet 8888?

```
> scalac sumn.scala
> scala sumn 8888
```

- c) Kontrollera att din implementation räknar rätt genom att jämföra svaret med detta uttrycks värde, evaluerat i Scala REPL:

```
scala> (1 to 8888).sum
```

- d) Implementera algoritmen SUM enligt pseudokoden ovan, men nu i Java. Skapa filen `SumN.java` och använd koden från uppgift 10 som mall för att deklarerar den publika klassen `SumN` med en main-metod. Några tips om Java-syntax och standardfunktioner i Java:

- Alla satser i Java måste avslutas med semikolon.
- Heltalsvariabler deklarerar med nyckelordet **int** (litet i).
- Typnamnet ska stå *före* namnet på variabeln. Exempel:  

```
int sum = 0;
```
- Indexering i en array görs i Java med hakparenteser: `args[0]`
- I stället för Scala-uttrycket `args(0).toInt`, använd Java-uttrycket:  

```
Integer.parseInt(args[0])
```
- **while**-satser i Scala och Java har samma syntax.


- Utskrift i Java görs med `System.out.println`

**Uppgift 12.** *Algoritm: MAXBUG.* Nedan återfinns pseudo-koden för MAXBUG.

```

Indata : Array args med strängar som alla innehåller heltal
Resultat: utskrift av största heltalet
1 max ← det minsta heltalet som kan uppkomma
2 n ← antalet heltal
3 i ← 0
4 while i < n do
5   | x ← args(i).toInt
6   | if (x > max) then
7   |   | max ← x
8   | end
9 end
10 skriv ut max

```

a) Kör med penna och papper. Det finns en bugg i algoritmen ovan. Vilken?   
Rätta buggen.


b) Implementera algoritmen MAX (utan bugg) som en Scala-applikation.  
Tips:

- Det minsta Int-värdet som någonsin kan uppkomma: `Int.MinValue`
- Antalet element i *args* ges av: *args.size*

```

1 > gedit maxn.scala
2 > scalac maxn.scala
3 > scala maxn 7 42 1 -5 9
4 42

```

c) Skriv om algoritmen så att variabeln *max* initialiseras med det första talet i sekvensen. 

d) Implementera den nya algoritmvarianten från uppgift c och prova programmet. Vad händer om *args* är tom?

**Uppgift 13.** *Block, namnsynlighet, namnöverskuggning.* Kör nedan kod i Scala REPL eller i Kojo. Vad händer nedan? Varför?

- `val a = {1 + 1; 2 + 2; 3 + 3; 4 + 4}; println(a)`
- `val b = {1; 2; 3; {val b = 4; b + b; b + 1}}; println(b)`
- `{val a = 42; println(a)}`
- `{val a = 42}; println(a)`
- `{val a = 42; {val a = 43; println(a)}; println(a)}`
- `{var a = 42; {a = a + 1}; var a = 43}`
- `{var a = 42; {a = a + b; var b = 43}; println(a)}`
- `{var a = 42; {var b = 43; a = a + b}; println(a)}`
- `{var a = 42; {a = a + b; def b = 43}; println(a)}`
- `{object a{var b=42;object a{var a=43}};println(a.b+a.a.a)}`

k)

```
{
  object a {
    var b = 42
    object a {
      var a = 43
    }
  }
  println(a.b + a.a.a)
}
```

l) Vad är fördelen med att namn deklarerade inne i ett block är lokala i stället för globala?

**Uppgift 14.** *Paket, **import** och klassfilstrukturer.* Med Java-8-plattformen kommer 4240 färdiga klasser, som är organiserade i 217 olika paket.<sup>1</sup>

a) Vilka paket finns i paketet javax som börjar på s?

```
scala> javax.s //tryck på TAB-tangenten
```

b) Kör raderna nedan i REPL. Beskriv vad som händer för varje rad.

```
1 scala> import javax.swing.JOptionPane
2 scala> def msg(s: String) = JOptionPane.showMessageDialog(null, s)
3 scala> msg("Hej på dej!")
4 scala> def input(msg: String) = JOptionPane.showInputDialog(null, msg)
5 scala> input("Vad heter du?")
6 scala> import JOptionPane.{showOptionDialog => optDlg}
7 scala> def inputOption(msg: String, opt: Array[Object]) =
8     optDlg(null, msg, "Option", 0, 0, null, opt, opt(0))
9 scala> inputOption("Vad väljer du?", Array("Sten", "Sax", "Påse"))
```



c) Vad hade du behövt ändra på efterföljande rader om import-satsen på rad 1 ovan ej hade gjorts?

d) Skapa med en editor filen paket.scala och kompilera. Rita en bild av hur katalogstrukturen ser ut.

```
package gurka.tomat.banan

package p1 {
  package p11 {
    object hello {
      def hello = println("Hej paket p1.p11!")
    }
  }
  package p12 {
    object hello {
```

<sup>1</sup>Se Stackoverflow: [how-many-classes-are-there-in-java-standard-edition](#)

```

    def hello = println("Hej paket p1.p12!")
  }
}

package p2 {
  package p21 {
    object hello {
      def hello = println("Hej paket p2.p21!")
    }
  }
}

object Main {
  def main(args: Array[String]): Unit = {
    import p1._
    p11.hello.hello
    p12.hello.hello
    import p2.{p21 => apelsin}
    apelsin.hello.hello
  }
}

```

```

1 > gedit paket.scala
2 > scalac paket.scala
3 > scala gurka.tomat.banan.Main
4 > ls -R

```

### Uppgift 15. Skapa jar-filer och använda classpath

- Skriv kommandot `jar` i terminalen och undersök vad som finns för optioner. Se speciellt "Example 1." i hjälputskriften. Vilket kommando ska du använda för att packa ihop flera filer i en enda jar-fil?
- Som en fortsättning på uppgift 14, packa ihop biblioteket `gurka` i en jar-fil med nedan kommando, samt kör igång REPL med jar-filen på classpath.

```

1 > jar cvf mittpaket.jar gurka
2 > scala -cp mittpaket.jar
3 scala> gurka.tomat.banan.Main.main(Array())

```

### Uppgift 16. Skapa dokumentation med scaladoc-kommandot

- Som en fortsättning på uppgift 14, kör nedan kommando i terminalen:

```

1 > scaladoc paket.scala
2 > ls
3 > firefox index.html # eller öppna index.html i valfri webbläsare

```

Vad händer?

b) Lägg till några fler metoder i något av objekten i filen `paket.scala` och lägg även till några dokumentationskommentarer. Kompilera om och kör. Generera om dokumentationen.

```
//... ändra i filen paket.scala

/** min paketedokumentationskommentar p2 */
package p2 {
  /** min paketedokumentationskommentar p21 */
  package p21 {
    /** ett hälsningsobjekt */
    object hello {
      /** en hälsningsmetod i p2.p21 */
      def hello = println("Hej paket p2.p21!")

      /** en metod som skriver ut tiden */
      def date = println(new java.util.Date)
    }
  }
}
```

```
1 > gedit paket.scala
2 > scalac paket.scala
3 > jar cvf mittpaket.jar gurka
4 > scala -cp mittpaket.jar
5 scala> gurka.tomat.banan.p2.p21.hello.date
6 scala> :q
7 > scaladoc paket.scala
8 > firefox index.html
```

## 2.1.2 Extrauppgifter

**Uppgift 17.** Implementera algoritmen MININDEX som söker index för minsta heltalet i en sekvens. Pseudokod för algoritmen MININDEX:

```

Indata : Sekvens xs med n st heltal.
Utdata : Index för det minsta talet eller  $-1$  om xs är tom.
1 minPos  $\leftarrow 0$ 
2 i  $\leftarrow 1$ 
3 while i < n do
4   | if xs(i) < xs(minPos) then
5   |   | minPos  $\leftarrow i$ 
6   | end
7   | i  $\leftarrow i + 1$ 
8 end
9 if n > 0 then
10 | return minPos
11 else
12 | return  $-1$ 
13 end

```

a) Prova algoritmen med penna och papper på sekvensen (1, 2, -1, 4) och rita minnessituationen efter varje runda i loopen. Vad blir skillnaden i exekveringsförloppet om loopvariabeln *i* initialiserats till 0 i stället för 1?

b) Implementera algoritmen MININDEX i Scala i en funktion med denna signatur:

```
def indexOfMin(xs: Array[Int]): Int = ???
```

Testa för olika fall: tom sekvens; sekvens med endast ett tal; lång sekvens med det minsta talet först, någonstans mitt i, samt sist.

```

// kod till facit
def indexOfMin(xs: Array[Int]): Int = {
  var minPos = 0
  var i = 1
  while (i < xs.size) {
    if (xs(i) < xs(minPos)) minPos = i
    i += 1
  }
  if (xs.size > 0) minPos else -1
}

```



### 2.1.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 18.** **TODO!!!** ArrayBuffer vs Vector vs Array och metoden append

**Uppgift 19.** Läs om krullparenteser och vanliga parenteser på stack overflow: [what-is-the-formal-difference-in-scala-between-braces-and-parentheses-and-when](#)

**Uppgift 20.** Bygg vidare på koden nedan och gör ett Sten-Sax-Påse-spel<sup>2</sup> som även meddelar vem som vinner. Koden fungerar att köra som den är, men funktionen winnerMsg är ej klar. *Tips:* Du kan använda modulo-räkning med %-operatoren för att avgöra vem som vinner.

```
object Rock {
  import javax.swing.JOptionPane
  import JOptionPane.{showOptionDialog => optDlg}

  def inputOption(msg: String, opt: Vector[String]) =
    optDlg(null, msg, "Option", 0, 0, null, opt.toArray[Object], opt(0))

  def msg(s: String) = JOptionPane.showMessageDialog(null, s)

  val opt = Vector("Sten", "Sax", "Påse")

  def userChoice = inputOption("Vad väljer du?", opt)

  def computerChoice = (math.random * 3).toInt

  def winnerMsg(user: Int, computer: Int) = "??? vann!"

  def main(args: Array[String]): Unit = {
    var keepPlaying = true
    while (keepPlaying) {
      val u = userChoice
      val c = computerChoice
      msg("Du valde " + opt(u) + "\n" +
        "Datorn valde " + opt(c) + "\n" +
        winnerMsg(u, c))
      if (u != c) keepPlaying = false
    }
  }
}
```

<sup>2</sup>[sv.wikipedia.org/wiki/Sten,\\_sax,\\_p%C3%A5se](http://sv.wikipedia.org/wiki/Sten,_sax,_p%C3%A5se)



# Kapitel 3

## Funktioner, Objekt

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ definera funktion
- ☐ anropa funktion
- ☐ parameter
- ☐ returtyp
- ☐ värdeandrop
- ☐ namnanrop
- ☐ default-argument
- ☐ namngivna argument
- ☐ applicera funktion på alla element i en samling
- ☐ procedur
- ☐ värdeanrop vs namnanrop
- ☐ uppdelad parameterlista
- ☐ skapa egen kontrollstruktur
- ☐ objekt
- ☐ modul
- ☐ punktnotation
- ☐ tillstånd
- ☐ metod
- ☐ medlem
- ☐ funktionsvärde
- ☐ funktionstyp
- ☐ äkta funktion
- ☐ stegad funktion
- ☐ apply
- ☐ lazy val
- ☐ lokala funktioner
- ☐ anonyma funktioner
- ☐ lambda
- ☐ aktiveringspost
- ☐ rekursion
- ☐ basfall
- ☐ anropsstacken
- ☐ objektheapen
- ☐ algoritm: GCD (största gemensamma delare)
- ☐ cslib.window.SimpleWindow

## 3.1 Övning: functions

### Mål

- ☐ Kunna skapa och använda funktioner med en eller flera parametrar, default-argument, namngivna argument, och uppdelad parameterlista.
- ☐ Kunna använda funktioner som äkta värden.
- ☐ Kunna skapa och använda anonyma funktioner (s.k. lambda-funktioner).
- ☐ Kunna applicera en funktion på element i en samling.
- ☐ Förstå skillnader och likheter mellan en funktion och en procedur.
- ☐ Förstå skillnader och likheter mellan en värde-anrop och namnanrop.
- ☐ Kunna skapa en procedur i form av en enkel kontrollstruktur med fördröjd evaluering av ett block.
- ☐ Kunna skapa och använda objekt som moduler.
- ☐ Förstå skillnaden mellan äkta funktioner och funktioner med sidoeffekter.
- ☐ Kunna skapa och använda variabler med fördröjd initialisering och förstå när de är användbara.
- ☐ Kunna förklara hur nästlade funktionsanrop fungerar med hjälp av begreppet aktiveringspost.
- ☐ Kunna skapa och använda lokala funktioner, samt förstå nyttan med lokala funktioner.
- ☐ Känna till att funktioner är objekt med en apply-metod.
- ☐ Känna till stegade funktioner och kunna använda partiellt applicerade argument.
- ☐ Känna till rekursion och kunna förklara hur rekursiva funktioner fungerar.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 3.

### 3.1.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** *Definiera och anropa funktioner.* En funktion med två parametrar definieras med följande syntax i Scala:




**def** *namn*(parameter1: Typ1, parameter2: Typ2): Returtyp = returvärde

a) Definiera en funktion med namnet *öka* som har en heltalsparameter *x* och som returnerar  $x + 1$ . Ange returtypen explicit. Testa funktionen i REPL med argumentet 42.

```
1 scala> ??? // definiera funktionen öka
2 scala> öka(42)
3 43
```

b) Vad har funktionen *öka* i föregående uppgift för returtyp?



-  c) Vad gör kompilatorn om du utelämnar returtypen?
-  d) Varför kan det vara bra att ange returtypen explicit?
-  e) Vad är det för skillnad mellan parameter och argument?
- f) Vad har uttrycket `öka(öka(öka(öka(42))))` för värde?
- g) Definera funktionen `minska(x: Int): Int` med returvärdet `x - 1`.
- h) Vad är värdet av uttrycket `öka(minska(öka(öka(minska(minska(42)))))`

**Uppgift 2.** *Funktion med flera parametrar.* Definiera i REPL två funktioner `sum` och `diff` med två heltalsparametrar som returnerar summan respektive differensen av argumenten:

```
def sum(x: Int, y: Int): Int = x + y
def diff(x: Int, y: Int): Int = x - y
```

Vad har nedan uttryck för värden? Förklara vad som händer.

- a) `diff(0, 100)`
- b) `diff(100, sum(42, 43))`
- c) `sum(sum(42, 43), diff(100, sum(0, 0)))`
- d) `sum(diff(Byte.MaxValue, Byte.MinValue), 1)`

**Uppgift 3.** *Funktion med default-argument.* Förklara vad som händer här?

```
1 scala> def inc(i: Int, j: Int = 1) = i + j
2 scala> inc(42, 2)
3 scala> inc(42, 1)
4 scala> inc(42)
```

**Uppgift 4.** *Funktionsanrop med namngivna argument.*

```
1 scala> def skrivNamn(förnamn: String, efternamn: String) =
2     println("Namn: " + efternamn + ", " + förnamn)
3 scala> skrivNamn("Kim", "Robinson")
4 scala> skrivNamn(förnamn = "Viktor", efternamn = "Oval")
5 scala> skrivNamn(efternamn = "Triangelsson", förnamn = "Stina")
```

- a) Förklara vad som händer ovan?
-  b) Vad är fördelen med namngivna argument?

**Uppgift 5.** *Applicera en funktion på elementen i en samling.* Använd dina funktioner `öka` och `minska` från uppgift 1. Vad har nedan uttryck för värde? Förklara vad som händer.

- a) `for (i <- 0 to 4) yield öka(i)`
- b) `for (i <- 1 to 5) yield minska(i)`
- c) `(0 to 4).map(i => öka(i))`
- d) `(1 to 5).map(i => minska(i))`
- e) `(0 to 4).map(öka)`
- f) `(1 to 5).map(minska)`

- g) `Vector(12, 3, 41, -8).map(öka)`
- h) `Vector(12, 3, 41, -8).map(öka).map(minska).map(minska)`

**Uppgift 6.** En funktion som inte returnerar något intressant värde, men som anropas för det den *gör* kallas **procedur**. Definiera följande procedur i REPL:

```
def tUvirks(msg: String) = println(msg.reverse)
```

Vad skriver nedan satser ut? Förklara vad som händer.

- a) `println("sallad".reverse)`
- b) `tUvirks("sallad")`
- c) `val x = tUvirks("sallad"); println(x)`
- d) `def enhetsvärdet = (); println(enhetsvärdet)`
- e) `def bortkastad: Unit = 1 + 1; println(bortkastad)`
- f) `def bortkastad2 = {val x = 1 + 1}; println(bortkastad2)`
- g) Varför är det bra att explicit ange Unit som returtyp för procedurer?



**Uppgift 7.** *Värdeanrop och namnanrop (fördröjd evaluering, "lata" argument).* Deklarera nedan funktioner i REPL eller Kojo.

```
def snark: Int = {print("snark "); Thread.sleep(1000); 42}
def callByValue(x: Int) = x + x
def callByName(x: => Int) = x + x
```

Evaluera nedan uttryck. Förklara vad som händer.

- a) `snark`
- b) `snark; snark; snark`
- c) `callByValue(1)`
- d) `callByName(1)`
- e) `callByValue(snark)`
- f) `callByName(snark)`
- g) Förklara vad som händer här:

```
1 scala> def görDetta(block: => Unit) = block
2 scala> görDetta(println("hej"))
3 scala> görDetta{println("goddag")}
4 scala> görDetta{println("hej"); println("svejs")}
5 scala> def görDettaTvåGånger(block: => Unit) = {block; block}
6 scala> görDettaTvåGånger{println("goddag")}
```

**Uppgift 8.** *Uppdelad parameterlista.* Man kan dela upp parametrarna till en funktion i flera parameterlistor. Förklara vad som händer här:

```
1 scala> def add(a: Int)(b: Int) = a + b
2 scala> add(22)(20)
3 scala> add(22)(add(1)(19))
```

**Uppgift 9.** *Skapa din egen kontrollstruktur.*

a) Använd fördröjd evaluering i kombination med en uppdelad parameterlista och skapa din egen kontrollstruktur enligt nedan. (Det är så här som loopen upprepa i Kojo är definierad.)

```
1 scala> def upprepa(n: Int)(block: => Unit): Unit = {
2     var i = 0
3     while (i < n) {block; i = i + 1}
4 }
```

b) Använd din nya loop-procedur och förklara vad som händer nedan.

```
1 scala> upprepa(10)(println("hej"))
2 scala> upprepa(1000){
3     val tärning = (math.random * 6 + 1).toInt
4     print(tärning + " ")
5 }
```

**Uppgift 10.** *Funktion som värde.* Funktioner är äkta värden i Scala.

a) Förklara vad som händer nedan. Notera understrecket på rad 4:

```
1 scala> def inc(x: Int): Int = x + 1
2 scala> inc(42)
3 scala> Vector(12, 3, 41, -8).map(inc)
4 scala> val f = inc _
5 scala> Vector(12, 3, 41, -8).map(f)
```

b) Vad händer om du bara skriver **val** f = inc utan understreck?

c) På liknande sätt som i uppgift a: definiera en funktion dec som i stället *minskar* med 1. Deklarera ett funktionsvärde g som tilldelas funktionen dec och kör sedan g på varje element i Vector(12, 3, 41, -8) med metoden map.



d) Vad har variablerna f och g ovan för typ?

e) Förklara vad som händer nedan. Vad får d och h för värde?

```
1 scala> def applicera(x: Int, f: Int => Int) = f(x)
2 scala> def dubbla(x: Int) = 2 * x
3 scala> def halva(x: Int) = x / 2
4 scala> val d = applicera(42, dubbla)
5 scala> val h = applicera(42, halva)
```

**Uppgift 11.** *Stegade funktioner ("Curry-funktioner").* Förklara vad som händer nedan.

```
1 scala> def sum(a: Int)(b: Int) = a + b
2 scala> sum(1)(2)
3 scala> val f = sum(42) _
4 scala> f(1)
5 scala> val inc = sum(1) _
6 scala> val dec = sum(-1) _
7 scala> inc(42)
8 scala> dec(42)
```

**Uppgift 12.** *Objekt som moduler.*

a) Lär dig följande terminologi utantill:

- Ett objekt som samlar funktioner och variabler kallas även en **modul**.
- Funktioner i objekt kallas även **metoder**.
- Variabler och metoder i objekt kallas **medlemmar**.
- Moduler kan i sin tur innehålla moduler, i godtyckligt **nästlingsdjup**.
- Man kommer åt innehållet i en modul med **punktnotation**.
- Med **import** slipper man punktnotation.
- Ett objekt med variabler sägs ha ett **tillstånd**.

b) Deklarera modulerna stringstat och Test nedan i REPL eller i Kojo.

```
object stringstat {
  object stringfun {
    def sentences(s: String): Array[String] = s.split('.')
    def words(s: String): Array[String] = s.split(' ')
    def countWords(s: String): Int = words(s).size
    def countSentences(s: String): Int = sentences(s).size
  }

  object statistics {
    var history = ""
    def printFreq(s: String): Unit = {
      println("\n--- Frekvenser ---")
      println("Antal tecken: " + s.size)
      println("Antal ord: " + stringfun.countWords(s))
      println("Antal meningar: " + stringfun.countSentences(s))
      history = history + " " + s
    }
    def printTotal: Unit = printFreq(history)
  }
}

object Test {
  import stringstat._
  def apply(n: Int = 42): Unit = {
    val s1 = "Fem myror är fler än fyra elefanter. Ät gurka."
    val s2 = "Galaxer i mina braxer. Tomat är gott. Hejsan."
    statistics.printFreq(s1 * n)
    statistics.printFreq(s2 * n)
    statistics.printTotal
  }
}
```


c) Anropa Test() och förklara vad som händer. Vad skrivs ut?



d) Vilket av objekten i modulen `stringstat` har tillstånd och vilket av objekten är tillståndslöst? Vad består tillståndet av?

**Uppgift 13.** *Äkta funktioner.* En **äkta funktion** ger alltid samma resultat med samma argument (så som vi är vana vid inom matematiken).<sup>1</sup>

```
object inSearchOfPurity {
  var x = 0
  val y = x
  def inc(i: Int) = i + 1
  def oink(i: Int) = {x = x + i; "Pig says oink " + x}
  def addX(i: Int): Int = x + i
  def addY(i: Int): Int = y + i
  def isPalindrome(s: String): Boolean = s == s.reverse
  def rnd(min: Int, max: Int) = math.random * max + min
}
```

-  a) Vilka funktioner i objektet `inSearchOfPurity` är äkta funktioner?
- b) Anropa de funktioner som inte är äkta i REPL och demonstrera med exempel att de kan ge olika resultat för samma argument.
- c) Vad är objektets tillstånd efter dina körningar i uppgift b?
- d) Vilken del av tillståndet i objektet är oföränderligt?

**Uppgift 14.** Funktioner är objekt med en `apply`-metod.

a) Förklara vad som händer här:

```
1 scala> object plus { def apply(x: Int, y: Int) = x + y }
2 scala> plus.apply(42,43)
3 scala> plus(42, 43)
4 scala> val add: (Int, Int) => Int = (x, y) => x + y
5 scala> add(42, 42)
6 scala> add.    // tryck på TAB
7 scala> add.apply(42, 42)
8 scala> val inc = add.curried(1)
9 scala> inc(42)
```

b) Definiera i REPL ett objekt som heter `slumptal` som har en `apply`-metod som tar två heltalsparametrar `a` och `b` och som med hjälp av `math.random` returnerar ett slumpmässigt heltal i intervallet  $[a, b]$ . Anropa objektets `apply`-metod med `(1 to 100).foreach(i => print(??? + " "))` för att skriva ut 100 slumptal mellan 1 och 6. Prova både att explicit anropa `apply` med punktnotation och att använda funktionsappliceringssyntax.

**Uppgift 15.** *Fördröjd initialisering ("lata" variabler).*

a) Förklara vad som händer här:

<sup>1</sup>Äkta funktioner uppfyller per definition *referentiell transparens* (eng. *referential transparency*) som du kan läsa mer om här: [en.wikipedia.org/wiki/Referential\\_transparency](https://en.wikipedia.org/wiki/Referential_transparency)

```

1 scala> val olat = 42
2 scala> lazy val lat = 42
3 scala> println(lat)
4 scala> val nu = {Thread.sleep(1000); println("nu"); 42}
5 scala> lazy val sen = {Thread.sleep(1000); println("sen"); 42}
6 scala> def igen = {Thread.sleep(1000); println("hver gang"); 42}
7 scala> println(nu)
8 scala> println(sen)
9 scala> println(igen)
10 scala> println(nu)
11 scala> println(sen)
12 scala> println(igen)
13 scala> object m {lazy val stor = Array.fill(1e9.toInt)(liten); val liten = 42}
14 scala> m.liten
15 scala> m.stor

```

b) Vad är skillnaden mellan **val**, **lazy val** och **def**, vad gäller när evalueringen sker? 

c) Förklara vad som händer här:

```

1 scala> object objektÄrLata { val sen = { println("nu!"); 42 } }
2 scala> objektÄrLata
3 scala> objektÄrLata.sen
4 scala> {val x = y; val y = 42}
5 scala> object buggig {val a = b; val b = 42}
6 scala> buggig.a
7 scala> object funkar {lazy val a = b; val b = 42}
8 scala> funkar.a
9 scala> object nowarning {val many = Array.fill(10)(one); val one = 1}
10 scala> nowarning.many

```

d) Med ledning av uppgift a och uppgift c, beskriv två olika situationer när kan man ha nytta av **lazy val**? 

**Uppgift 16. Aktiveringspost.** Antag att vi bara kan addera eller subtrahera med ett. Då kan man ändå skapa en additionsfunktion på nedan (ganska omständliga) sätt. Skriv nedan program i en editor, kompilera och exekvera.

```

object Count {
  def inc(x: Int) = {println("inc[x = " + x + "]); x + 1}
  def dec(x: Int) = {println("dec[x = " + x + "]); x - 1}

  def add(x: Int, y: Int) = {
    println("add[x = " + x + ", y = " + y + "])
    var result = x
    var i = 0
    while (i < math.abs(y)){
      result = if (y >= 0) inc(result) else dec(result)
      i = i + 1
    }
    result
  }
}

```

```

}

def main(args: Array[String]): Unit = {
  val x = inc(dec(inc(0)))
  println(x)
  val y = add(1, add(1, add(1, -2)))
  println(y)
}
}

```

- a) Vad skrivs ut? Förklara vad som händer.
-  b) Rita hur anropsstacken förändras under exekveringen av main-metoden.

**Uppgift 17.** *Lokala funktioner.* Skapa nedan program i en editor, kompilera och exekvera. I programmet nedan har metoden add två lokala funktioner som skiljer sig från metoderna med samma namn.

```

object Count {
  def inc(x: Int) = x + 1
  def dec(x: Int) = x - 1

  def add(x: Int, y: Int) = {
    def inc(x: Int) = {println("inc[x = " + x + "]); x + 1}
    def dec(x: Int) = {println("dec[x = " + x + "]); x - 1}
    println("add[x = " + x + ", y = " + y + "]")
    var result = x
    var i = 0
    while (i < math.abs(y)){
      result = if (y >= 0) inc(result) else dec(result)
      i = i + 1
    }
    result
  }

  def main(args: Array[String]): Unit = {
    val x = inc(dec(inc(0)))
    println(x)
    val y = add(1, add(1, add(1, -2)))
    println(y)
  }
}

```

- a) Vad skrivs ut? Förklara vad som händer.
-  b) Vilka fördelar finns med lokala funktioner?

**Uppgift 18.** *Anonyma funktioner.* Vi har flera gånger sett syntaxen `i => i + 1`, till exempel i en loop `(1 to 10).map(i => i + 1)` där funktionen `i => i + 1`


appliceras på alla heltal från 1 till och med 10. Funktionen `i => i + 1` kallas en **anonym** funktion, eftersom den inte har något namn, till skillnad från **def** `öka(i: Int): Int = i + 1`, som har namnet `öka`.

Anonyma funktioner kallas även för *funktionslitteraler* eller *lambda*.

Det finns ett ännu kortare sätt att skriva en anonym funktion om den bara använder sin parameter en enda gång, med understreck `_ + 1` som expanderar av kompilatorn till `ngtnamn => ngtnamn + 1` (namnet på parametern spelar ingen roll; kompilatorn väljer något eget, internt namn).

a) Förklara vad som händer nedan. Vad blir resultatet av varje uttryck?

```
1 scala> (1 to 4).map(i => i + 1)
2 scala> (1 to 4).map(_ + 1)
3 scala> (1 to 4).map(math.pow(2, _))
4 scala> (1 to 4).map(math.pow(_, 2))
5 scala> (1 to 4).map(i => i.toString)
6 scala> (1 to 4).map(_.toString)
```

b) Vilken typ kommer kompilatorn att härleda för de anonyma funktionerna i argumenten till metoden `map` på rad 1–6 i uppgiften ovan? Vad använder kompilatorn för information i dessa exempel för att härleda funktionstyperna? 

c) Vilka felmeddelande ger kompilatorn när den inte kan lista ut att funktionslitteralerna nedan har typen `Int => Int`? 

```
1 scala> val inc = i => i + 1
2 scala> val inc = (i: Int) => i + 1
3 scala> (1 to 10).map(inc)
4 scala> val dec = _ - 1
5 scala> val dec: Int => Int = _ - 1
6 scala> (1 to 10).map(dec)
```

### Uppgift 19. Rekursion. En rekursiv funktion anropar sig själv.

a) Förklara vad som händer nedan.

```
1 scala> def countdown(x: Int): Unit = if (x > 0) {println(x); countdown(x - 1)}
2 scala> countdown(10)
3 scala> countdown(-1)
4 scala> def finalCountdown(x: Byte): Unit =
5     {println(x); Thread.sleep(100); finalCountdown((x-1).toByte); 1 / x}
6 scala> finalCountdown(Byte.MaxValue)
```

b) Vad händer om du gör satsen som riskerar division med noll *före* det rekursiva anropet i funktionen `finalCountdown` ovan?

c) Förklara vad som händer nedan. Varför tar sista raden längre tid än näst sista raden?

```
1 scala> def signum(a: Int): Int = if (a >= 0) 1 else -1
2 scala> def add(x: Int, y: Int): Int =
3     if (y == 0) x else add(x + 1, y - signum(y))
4 scala> add(100, 100)
5 scala> add(Int.MaxValue, 0)
6 scala> add(0, Int.MaxValue)
```

### 3.1.2 Extrauppgifter

**Uppgift 20.** TODO!!! Visa anropsstacken genom att kasta undantag.

### 3.1.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 21.** *Undersök den genererade byte-koden.* Kompilatorn genererar **byte-kod**, uttalas "bajtkod" (eng. *byte code*), som den virtuella maskinen tolkar och översätter till maskinkod medan programmet kör. Med kommandot `:javap` i REPL kan du undersöka byte-koden.

```
1 scala> def plusxy(x: Int, y: Int) = x + y
2 scala> :javap plusxy
```

a) Leta upp raden `public int plusxy(int, int);` och studera koden efter `Code:` och försök gissa vilken instruktion som utför själva additionen.

b) Lägg till en parameter till:

```
def plusxyz(x: Int, y: Int, z: Int) = x + y + z
```

och studera byte-koden med `:javap plusxyz`. Vad skiljer byte-koden mellan `plusxy` och `plusxyz`?



c) Läs om byte-kod här: [en.wikipedia.org/wiki/Java\\_bytecode](https://en.wikipedia.org/wiki/Java_bytecode). Vad betyder den inledande bokstaven i additionsinstruktionen?

**Uppgift 22.** *Undersök svansrekursion genom att kasta undantag.* Förklara vad som händer. Kan du hitta bevis för att kompilatorn kan optimera rekursionen till en vanlig loop?

```
1 scala> def explode = throw new Exception("BANG!!!")
2 scala> explode
3 scala> lastException.printStackTrace
4 scala> def countdown(n: Int): Unit =
5     if (n == 0) explode else countdown(n-1)
6 scala> countdown(10)
7 scala> lastException.printStackTrace
8 scala> def countdown2(n: Int): Unit =
9     if (n == 0) explode else {countdown2(n-1); print("no tailrec")}
10 scala> countdown2(10)
11 scala> countdown2(1000)
12 scala> lastException
13 scala> lastException.getStackTrace.size
14 scala> :javap countdown
15 scala> :javap countdown2
```

**Uppgift 23.** *@tailrec-annotering.* Du kan be kompilatorn att ge felmeddelande om den inte kan optimera koden till en loop och därmed öka prestanda och undvika en överfull anropsstack (eng. *stack overflow*). Prova nedan rader i REPL och förklara vad som händer.

```
1 scala> def countNoTailrec(n: Long): Unit =  
2     if (n <= 0L) println("Klar! " + n) else {countNoTailrec(n-1L); ()}  
3 scala> countNoTailrec(1000L)  
4 scala> countNoTailrec(100000L)  
5 scala> import scala.annotation.tailrec  
6 scala> @tailrec def countNoTailrec(n: Long): Unit =  
7     if (n <= 0L) println("Klar! " + n) else {countNoTailrec(n-1L); ()}  
8 scala> @tailrec def countTailrec(n: Long): Unit =  
9     if (n <= 0L) println("Klar! " + n) else countTailrec(n-1L)  
10 scala> countTailrec(1000L)  
11 scala> countTailrec(100000L)  
12 scala> countTailrec(Int.MaxValue.toLong * 2L)
```

## 3.2 Laboration: blockmole

### Mål

- ☐ Kunna kompilera Scalaprogram med `scalac`.
- ☐ Kunna köra Scalaprogram med `scala`.
- ☐ Kunna definiera och anropa funktioner.
- ☐ Kunna använda och förstå default-argument.
- ☐ Kunna ange argument med parameternamn.
- ☐ Kunna definiera objekt med medlemmar.
- ☐ Förstå kvalificerade namn och import.
- ☐ Förstå synlighet och skuggning.

### Förberedelser

- ☐ Gör övning programs i kapitel 2.1.
- ☐ Gör övning functions i kapitel 3.1.

### 3.2.1 Obligatoriska uppgifter

**Blockmullvad** (*Talpa laterculus*) är ett fantasidjur i familjen mullvadsdjur. Den är känd för sitt karaktäristiska kvadratiska utseende. Den lever mest ensam i sina underjordiska gångar som till skillnad från mullvadens (*Talpa europaea*) har helt raka väggar.

**Uppgift 1.** Du ska skriva ett Scala-program med en vanlig texteditor och kompilera ditt program med kommandot `scalac` och sedan köra programmet med kommandot `scala`.

- a) Öppna en texteditor, till exempel `gedit` eller `Atom` (se appendix B för hjälp). Skapa en ny fil med namnet `Mole.scala` och spara den i en ny katalog i din hemkatalog, till exempel `~/pgk/mole/Mole.scala`, där `~` är din hemkatalog.
- b) Öppna ett terminalfönster (se appendix A för hjälp). Navigera till din nya katalog med `cd`-kommandot (eng. *change directory*) och kontrollera med `ls`-kommandot (eng. *list*) att din nya fil finns där.

```
> cd ~/pgk/mole
> ls
```

Om allt går bra ska `ls`-kommandot skriva ut `Mole.scala`.

- c) Gå tillbaka till din texteditor och skriv in ett objekt med namnet `Mole` i din fil. Lägg till en `main`-funktion i objektet som skriver ut texten *Keep on digging!* med hjälp av funktionen `println`. Behöver du hjälp kan du gå tillbaka till övningarna i kapitel 3.
- d) Kör kommandot `scalac Mole.scala` i terminalfönstret för att kompilera ditt program. Om kompilatorn rapporterar några fel rättar du till det i din

texteditor kompilerar igen. Kontrollera sedan med `ls`-kommandot att några filer som slutar på `class` har skapats.

e) Kör kommandot `scala Mole` för att köra ditt program. Om att går bra ska texten du angivit skrivas ut i terminalfönstret.

**Uppgift 2.** Nu har du skrivit ett Scala-program som skriver ut en uppmaning till en mullvad att fortsätta gräva. Det programmet är inte så användbart, eftersom mullvadar inte kan inte läsa. Nästa steg är att skriva ett grafiskt program, snarare än ett textbaserat.

Funktionen `println` som anropas i `main`-funktionen ingår i Scalas standardbibliotek. Ett programbibliotek innehåller kod eller kompilerade programsnuttar som kan användas av andra program, och för de flesta programspråk ingår ett standardbibliotek som alla program kan nyttja. Till grafiken i denna uppgift ska du använda ett bibliotek som kallas *cslib* och som kommer att användas även i senare labbar.

a) Gå till kursens webbsida <https://cs.lth.se/pgk/> och ladda ner `cslib.jar` och lägg den i samma katalog som ditt Scala program. En `jar`-fil är egentligen en `zip`-fil som innehåller färdiga `class`-filer.

b) Byt ut `main`-funktionens kropp mot följande block:

```
{
  val w = new cslib.window.SimpleWindow(300, 500, "Digging")
  w.moveTo(10, 10)
  w.lineTo(10, 20)
  w.lineTo(20, 20)
  w.lineTo(20, 10)
  w.lineTo(10, 10)
}
```

Den första raden skapar ett nytt `SimpleWindow` som ritar upp ett fönster som är 300 bildpunkter brett och 500 bildpunkter högt med titeln *Digging*. `SimpleWindow` har en *penna* som kan flyttas runt och rita linjer. Anropet `w.moveTo(10, 10)` flyttar pennan för fönstret `w` till position (10,10) utan att rita något, och anropet `w.lineTo(10, 20)` ritar en linje därifrån till position (10,20).

c) Nu ska du kompilera ditt program, men eftersom `SimpleWindow` inte finns i Scalas standardbibliotek utan i `cslib.jar` behöver du visa kompilatorn var den ska leta. Det gör du genom att ange en *classpath*, dvs. en sökväg till `class`-filer, när du kompilerar. Använd flaggan `-cp cslib.jar` för att ange `cslib.jar` som *classpath* och kompilera ditt Scala-program igen:

```
> scalac -cp cslib.jar Mole.scala
```

d) Nu ska du köra ditt program, och då behöver du också ange var `class`-filerna ligger. Du ska ange den katalog där `class`-filerna för `Mole` ligger, som du just kompilerat, men du ska också ange `cslib.jar`, och det gör du med



en kolon-separerad lista<sup>2</sup>, till exempel "sökväg1:sökväg2:sökväg3". Katalogen du står i, där dina class-filer ligger, kan anges med en punkt (.). Kör programmet med följande kommando (om Windows använd semikolon):

```
> scala -cp ".:cslib.jar" Mole
```

Du ska nu få upp ett fönster med en liten kvadrat utritad i övre vänstra hörnet.

**Uppgift 3.** Hela ditt program är för tillfället samlat i en och samma funktion, vilket fungerar bra för väldigt små program. Nu ska vi strukturera programmet så det blir lättare att återanvända samma kodsnuttar.

a) Lägg till ett objekt med namnet Graphics i Mole.scala och flytta dit deklarationen av fönstret w. Skapa en ny funktion med namnet square i det nya objektet och flytta dit koden som ritar kvadraten. Anropa square i din main-funktion. Filen Mole.scala ska se ut såhär (förutom ???):

```
object Graphics {  
  val w = new cslib.window.SimpleWindow(300, 500, "Digging")  
  def square(): Unit = ???  
}  
object Mole {  
  def main(args: Array[String]): Unit = {  
    Graphics.square()  
  }  
}
```


Observera att du inte kan anropa square direkt i funktionen main, utan måste ange att det är square funktionen inuti Graphics du vill anropa.

b) Kompilera Mole.scala med scalac. Glöm inte att ange korrekt classpath. (Tips: Du kan trycka uppåtpil för att komma till tidigare kommandon i terminalen.) Kontrollera med ls att det nu också finns class-filer för Graphics-objektet.

c) Kör programmet Mole med scala. Glöm inte att ange korrekt classpath. Om allt fungerar ska programmet göra samma sak som innan.

**Uppgift 4.** Nu har du gjort ett grafiskt program, men ännu syns ingen mullvad. Det är dags att ta reda på hur koordinatsystemet fungerar i denna grafiska miljö, så vi kan få mullvaden att hitta rätt.

a) Ändra i Graphics.square så att kvadraten ritas upp i övre högra hörnet istället. Prova dig fram för att ta reda på hur koordinatsystemet fungerar genom att ändra i koden, kompilera och köra programmet tills du får rätt på det.

✓  b) Visa kvadraten för din labbhandledare och förklara vad de två parameterrarna gör genom att peka ut ungefär var positionerna (0,0), (300,0), (0,300) och (300,300) ligger.

<sup>2</sup>kolon används i Linux och MacOSX, medan windows använder semikolon.

c) Ta bort anropet till funktionen `square` när du har visat den för din labbhandledare.

**Uppgift 5.** Nu ska du skapa ett nytt koordinatsystem för `Graphics` som har *stora* bildpunkter. Vi kallar `Graphics` stora bildpunkterna för *block* för att lättare skilja dem från `SimpleWindows` bildpunkter. Om blockstorleken är  $b$ , så ligger koordinaten  $(x, y)$  i `Graphics` på koordinaten  $(bx, by)$  i `SimpleWindow`.

a) Lägg till följande deklARATIONER överst i objektet `Graphics`.


```
val width = 30
val height = 50
val blockSize = 10
```

Ändra bredden på ditt `SimpleWindow` till `width * blockSize` och ändra höjden till `height * blockSize`.

b) Skapa en ny funktion i `Graphics` med namnet `block` och två parametrar  $x$  och  $y$  av typen `Int` och returtypen `Unit`. Metodens *kropp* ska se ut såhär:

```
{
    val left = x * blockSize
    val right = left + blockSize - 1
    val top = y * blockSize
    val bottom = top + blockSize - 1

    for (row <- top to bottom) {
        w.moveTo(left, row)
        w.lineTo(right, row)
    }
}
```

c) Metoden `block` ritar ett antal linjer. Hur många linjer ritas ut? I vilken ordning ritas linjerna? 

d) Anropa funktionen `Graphics.block` några gånger i `Mole.main` så att några `block` ritas upp i fönstret när programmet körs. Kompilera och kör ditt program.

**Uppgift 6.** Det finns många sätt att beskriva färger. I naturligt språk har vi olika namn på färgerna, till exempel *vitt*, *rosa* och *magenta*. I datorn är det vanligt att beskriva färgerna som en blandning av *rött*, *grönt* och *blått* i det så kallade RGB-systemet. `SimpleWindow` använder typen `java.awt.Color` för att beskriva färger och `java.awt.Color` bygger på RGB. Det finns några fördefinierade färger i `java.awt.Color`, till exempel `java.awt.Color.black` för svart och `java.awt.Color.green` för grönt. Andra färger kan skapas genom att ange mängden rött, grönt och blått.

a) Skapa ett nytt objekt i `Mole.scala` med namnet `Colors` och lägg in följande definitioner:


```
val mole = new java.awt.Color(51, 51, 0)
val soil = new java.awt.Color(153, 102, 51)
val tunnel = new java.awt.Color(204, 153, 102)
```

Den tre parametrarna till `new java.awt.Color(r, g, b)` anger hur mycket rött, grönt respektive blått som färgen ska innehålla, och mängderna ska vara i intervallet 0–255. Färgen (153,102,51) innebär ganska mycket rött, lite mindre grönt och ännu mindre blått och det upplevs som brunt. Objektet `Colors` är en färgpallett, men vi har inte ritat något med färg ännu. Kompilera och kör ditt program ändå, för att se så programmet fungerar lika dant som sist.


b) Lägg till en parameter till `Graphics.block` sist i parameterlistan med namnet `color` och typen `java.awt.Color`. Låt *default-argumentet* för den nya parametern vara `java.awt.Color.black`. (Kommer du inte ihåg hur man gör default-argument kan du titta på övningarna i kapitel 3.) För att ändra färgen på blocket kan du byta linjefärg innan du ritar. Lägg till följande rad i början på `Graphics.block`:

```
w.setLineColor(color)
```

Kompilera och kör ditt program igen för att se om det fortfarande fungerar.

-  c) Funktionen `Graphics.block` har tre parametrar, men den anropas bara med två parametrar i `Mole.main`. Varför är det tillåtet? Vilket värde har den tredje parametern om ingen anges?
- d) Ändra i `Mole.main` och lägg till en av definitionerna från objektet `Colors` som tredje parameter till `Graphics.block`. Kompilera och kör ditt program och upplev världen i färg.

**Uppgift 7.** I programmet används många långa namn med punkter, som till exempel `java.awt.Color` och `Graphics.block`. Dessa punkt-separerade namn kallas *kvalificerade* namn. För att slippa skriva dessa långa namn hela tiden kan man *importera* en definition och sen använda bara den sista delen av namnet.

- a) Importera namnet `java.awt.Color` i objektet `Colors`. Ändra sen alla `new java.awt.Color(...)` i objektet till `new Color(...)`. (Har du glömt hur man importerar ett namn kan du gå tillbaka till övningarna i kapitel 2.)
-  b) I vilka av objekten `Mole`, `Colors` och `Graphics` kan du använda det korta respektive det kvalificerade namnet av `java.awt.Color`?
- c) Importera namnet `java.awt.Color` så att det korta namnet `Color` kan användas i objekten `Colors` och `Graphics` men inte i `Mole`. Ändra också i `Graphics` så att bara det korta namnet används.

**Uppgift 8.** Nu ska du skriva en funktion för att rita en rektangel och rektangeln ska ritas med hjälp av funktionen `block`. Sen ska du rita upp mullvadens underjordiska värld med hjälp av denna funktion.

- a) Lägg till en funktion i objektet `Graphics` med namnet `rectangle` som tar fem parametrar `x`, `y`, `width` och `height` av typen `Int` och `color` av typen

Color. Parametrarna `x` och `y` anger Graphics-koordinaten för rektangelns övre vänstra hörn och `width` och `height` anger bredden respektive höjden. Använd följande **for**-satser för att rita ut rektangeln.

```
for (yy <- y until (y + height)) {
  for (xx <- x until (x + width)) {
    block(xx, yy, color)
  }
}
```

b) I vilken ordning ritas blocken ut?

c) Skriv en funktion i objektet `Mole` med namnet `drawWorld` som ritar ut mullvadens värld, det vill säga en massa jord där den kan gräva sina tunnlar. `Mole.drawWorld` ska inte ha några parametrar och returtypen ska vara `Unit` och den ska anropa `Graphics.rectangle` för att rita en rektangel med färgen `Colors.soil` som precis täcker fönstret. Eftersom funktionen har många parametrar som lätt kan blandas ihop ska du använda namngivna argument vid anropet. (Om du har glömt hur man använder namngivna argument kan du titta på övningarna i kapitel 3.)

d) Anropa `Mole.drawWorld` i `Mole.main` och testa så att det fungerar genom att kompilera och köra.

**Uppgift 9.** I `SimpleWindow` finns funktioner för att känna av tangenttryckningar och musklick. Du ska använda de funktionerna för att styra en liten blockmullvad.

a) Importera `cslib.window.SimpleWindow` i objektet `Graphics` och lägg till följande funktion:

```
def waitForKey(): Char = {
  do {
    w.waitForEvent()
  } while (w.getEventType() != SimpleWindow.KEY_EVENT)
  w.getKey()
}
```

Det finns olika sorters händelser som ett `SimpleWindow` kan reagera på, till exempel tangenttryckningar och musklick. Funktionen som du precis lagt in väntar på en händelse i ditt `SimpleWindow` (`w.waitForEvent`) ända tills det kommer en tangenttryckning (`KEY_EVENT`). När det kommer en tangenttryckning anropas `w.getKey` för att ta reda på vilken bokstav eller vilket tecken det blev, och det resultatet blir också resultatet av `waitForKey`, eftersom det ligger sist i det yttre `{}`-blocket.

b) Lägg till en funktion i objektet `Mole` med namnet `dig`, som har två parametrar `x` och `y` av typen `Int` och returtypen `Unit`. Funktionens kropp ska se ut såhär (fast utan `???`):

```
{
```

```
Graphics.block(x, y, Colors.mole) // ritar ut mullvaden
val key = Graphics.waitForKey // väntar på tangenttryckning
if (key == 'w') dig(???, ???)
else if (key == 'a') dig(???, ???)
else if (key == 's') dig(???, ???)
else if (key == 'd') dig(???, ???)
else dig(x, y)
}
```

Fyll i alla ??? så att 'w' styr mullvaden ett steg uppåt, 'a' ett steg åt vänster, 's' ett steg nedåt och 'd' ett steg åt höger.

c) Ändra `Mole.main` att innehålla bara två anrop: Ett till `drawWorld` och ett till `dig` med lämpliga parametrar. Kompilera och kör ditt program för att se om programmer reagerar på w, a, s och d.

d) Om programmet fungerar kommer det bli många mullvad som tillsammans bildar en lång mask, och det är ju lite underligt. Lägg till ett anrop i `Mole.dig` som ritar ut en bit tunnel på position (x,y) efter anropet till `Graphics.waitForKey` men innan `if`-uttrycket. Kompilera och kör ditt program för att gräva tunnlar med din blockmullvad.

### 3.2.2 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 10.** `TODO!!!` Begränsa mullvaden att inte kunna gräva sig utanför fönstret.

**Uppgift 11.** `TODO!!!` Lägg till himmel och gräs i ovandelen av fönstret i funktionen `Mole.drawWorld`.

**Uppgift 12.** `TODO!!!` Begränsa mullvaden till "gravitationen".

**Uppgift 13.** `TODO!!!` Använd timeout för att få mullvaden att springa själv.



# Kapitel 4

## Datastrukturer

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ attribut (fält)
- ☐ medlem
- ☐ metod
- ☐ tupel
- ☐ klass
- ☐ Any
- ☐ instanceof
- ☐ toString
- ☐ case-klass
- ☐ räkna med bråk och klassen Frac
- ☐ föränderlighet vs oföränderlighet
- ☐ List
- ☐ Vector
- ☐ Set
- ☐ Map
- ☐ typparameter
- ☐ generisk samling som parameter
- ☐ översikt samlingsmetoder
- ☐ översikt strängmetoder
- ☐ läsa/skriva textfiler
- ☐ Source.fromFile
- ☐ java.nio.file

## 4.1 Denna vecka: Fatta datastrukturer

- Läs teori
- Gör övning data
- Gör lab ???

## 4.2 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 (operationer på data)
- Samlingar
  - speciella klasser som samlar data i element av **samma** typ
  - finns ofta *många* färdiga **bra-att-ha-metoder**

## 4.3 Vad är en tupel?

("hej", 42, math.Pi) är en 3-tupel med typ: (String, Int, Double)



## 4.4 Övning: data

### Mål

- ☐ 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.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 4.

#### 4.4.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** *En enkel datastruktur: tupel.* Du kan samla olika data i en tupel. Du kommer åt värdena med en metod som har namnet understreckt följt av ordningsnumret.

```
1 scala> val namn = ("Pippi", "Långstrump")
2 scala> namn._1
3 scala> namn._2
4 scala> println("Förnamn: " + namn._1 + "\nEfternamn:" + namn._2)
```

a) Definiera en oföränderlig variabel med namnet pt som representerar en punkt med x-koordinaten 15.9 och y-koordinaten 28.9. Använd sedan math.hypot för att ta reda på avståndet från origo till punkten. Vad blir svaret?

b) Du kan dela upp en tupel i sina beståndsdelar så här:

```
scala> val (förnamn, efternamn) = ("Ronja", "Rövardotter")
```

Dela upp din punkt `pt` i sina beståndsdelar och kalla delarna `x` och `y`

c) Värdena i en tupel kan ha olika typ.

```
scala> val creature = ("Doktor", "Krokodil", 65.0, false)
scala> val (title, name, weight, isHuman) = creature
```

Vilken typ har 4-tupeln `creature` ovan?

d) Tupler kan ingå i samlingar.

```
scala> val pts = Vector((0.0, 0.0), (1.0, 0.0), (1.0, 1.0), (0.0, 1.0))
scala> pts.foreach(println)
```

Vilken typ har vektorn `pts` ovan?

e) För 2-tupler finns ett kortare skrivsätt:

```
scala> ("Skåne", "Malmö")
scala> "Skåne" -> "Malmö"
scala> val huvudstäder = Vector("Sverige" -> "Stockholm", "Norge" -> "Oslo")
```

Lägg till fler huvudstäder i vektorn ovan.

f) Funktioner kan ta tupler som parametrar.

```
1 scala> def length(pt: (Double, Double)) = math.hypot(pt._1, pt._2)
2 scala> length((3.0, 4.0))
3 scala> length(3.0, 4.0) //kompilatorn lägger till parenteserna innan anrop
```

Applicera funktionen `length` ovan på alla tupler i samlingen `pts` från uppgift d med `map`. Vad får resultatet för värde och typ?

g) Funktioner kan ge tupler som resultat.

```
1 scala> def div(a: Int, b: Int) = (a / b, a % b)
2 scala> div(10, 3)
3 scala> (div(9,2), div(10,2))
4 scala> (div(9,2)._2, div(10,2)._2)
5 scala> val nOdd = (1 to 10).map(i => div(i, 2)._2).sum
```

Förklara vad som händer ovan. Använd `div` ovan för att ta reda på hur många udda tal finns det i intervallet `[1234, 3456]`.

h) En tupel med  $n$  värden kallas  $n$ -tupel. Om man betraktar enhetsvärdet `()` som en tupel, vad kan man då kalla detta värde?

**Uppgift 2.** *Objekt med attribut (fält).* Ett objekt kan samla data som hör ihop och på så sätt skapa en datastruktur. Data i ett objekt kallas *attribut* eller *fält*, (eng. *field*). Objekt som samlar enbart data kallas även *post* (eng. *record*).

```
scala> object mittKonto { var saldo = 0; val nummer = 12345L }
```

a) Skriv en sats som sätter in ett slumpmässigt belopp mellan 0 och en miljon på `mittKonto` ovan med hjälp av punktnotation och tilldelning.

b) Vad händer om du försöker ändra attributet `nummer`?

**Uppgift 3.** *Klass med attribut.* Om du vill ha många objekt av samma typ, kan du använda en **klass**. På så sätt kan man skapa många datastrukturer av samma typ men med olika innehåll. Man skapar nya objekt med nyckelordet **new** följt av klassens namn. Klassen utgör en "mall" för objektet som skapas. Ett objekt som skapas med **new** Klassnamn kallas även en **instans** av klassen Klassnamn. Nedan skapas en datastruktur Konto som samlar data om ett bankkonto. Instanser av typen Konto håller reda på hur mycket pengar det finns på kontot och vilket kontonumret är:

```

1 scala> class Konto {
2     var saldo = 0
3     var nummer = 0L
4 }
5 scala> val k1 = new Konto
6 scala> val k2 = new Konto
7 scala> k1.saldo = 1000
8 scala> k1.nummer = 12345L
9 scala> k2.saldo = 2000
10 scala> k2.nummer = 67890L
11 scala> println("Konto: " + k1.nummer + " Saldo:" + k1.saldo)
12 scala> println("Konto: " + k2.nummer + " Saldo:" + k2.saldo)

```

-  a) Rita hur minnessituationen ser ut efter att ovan rader har exekverats.
-  b) Vad hade det fått för konsekvenser om attributet nummer vore oföränderligt i klassen ovan? (Jämför med objektet mittKonto.)

**Uppgift 4.** *Klass med attribut som parametrar.* Om man vill ge attributen initialvärden när objektet skaps med **new** kan placera attributen i en parameterlista till klassen. Kod som körs när objektet skapas och attributen tilldelas sina initialvärden, kallas **konstruktör** (eng. *constructor*).

```

1 scala> class Konto(var saldo: Int, val nummer: Long)
2 scala> val k = new Konto(0, 12345L)
3 scala> println("Konto: " + k.nummer + " Saldo:" + k.saldo)
4 scala> println(k)
5 scala> k.toString

```

- a) Den två sista raderna ovan skriver ut den identifierare som JVM använder för att hålla reda på objektet i sina interna datastrukturer. Vad skrivs ut?
- b) Skapa ännu en instans av klassen Konto med samma saldo och nummer som k ovan och spara den i **val** k2 och undersök dess objektidentifierare. Får objekten k och k2 olika objektidentifierare?
- c) Sätt in olika belopp på respektive konto.
- d) Vad händer om du försöker ändra attributet nummer?
-  e) Ibland räcker det fint med en tupel, men ofta vill man ha en klass istället. Beskriv några fördelar med en Konto-klassen ovan jämfört med en tupel av typen (Int, Long).

```

scala> var k3 = (0, 12345L)
scala> k3 = (k3._1 + 100, k3._2)

```

**Uppgift 5. Publikt eller privat attribut?** Man kan förhindra att ett attribut syns utanför klassen med hjälp av nyckelordet **private**.

```
1 scala> class Konto1(val nummer: Long){ var saldo = 0 }
2 scala> val k1 = new Konto1(12345678901L)
3 scala> k1.nummer
4 scala> k1.saldo += 1000
5 scala> class Konto2(val nummer: Long){ private var saldo = 0 }
6 scala> val k2 = new Konto2(12345678901L)
7 scala> k2.nummer
8 scala> k2.saldo += 1000
```

- a) Vad händer ovan?
- b) Gör en ny version av klassen Konto enligt nedan:

```
class Konto(val nummer: Long){
  private var saldo = 0
  def in(belopp: Int): Unit = {saldo += belopp}
  def ut(belopp: Int): Unit = {saldo -= belopp}
  def show: Unit =
    println("Konto Nr: " + nummer + " saldo: " + saldo)
}

object Main {
  def main(args: Array[String]): Unit = {
    val k = new Konto(1234L)
    k.show
    k.in(1000)
    println("Uttag: " + k.ut(500))
    println("Uttag: " + k.ut(1000))
    k.show
  }
}
```

- c) Spara koden i en fil, kompilera och kör. Testa även vad som händer om du försöker komma åt attributet saldo i main-metoden med t.ex. `println(k.saldo)` eller `k.saldo += 1000`.
- d) Vi ska nu förhindra överuttag. Ändra i metoden ut så att den får signaturen `ut(belopp: Int): (Int, Int) = ???` och implementera ut så att den returnerar både beloppet man verkligen kan ta ut och kvarvarande saldo. Om man försöker ta ut mer än det finns på kontot så ska saldot bli 0 och man får bara ut det som finns kvar. Spara, kompilera, kör.
- e) Förbättra metoderna in och ut så att man inte kan sätta in eller ta ut negativa belopp.
- f) Vad är fördelen med att göra föränderliga attribut privata och bara påverka deras värden indirekt via metoder?

**Uppgift 6.** Vilken typ har ett objekt? Objektets typ bestäms av klassen. Vid tilldelning måste typerna passa ihop.

a) Vilka rader nedan ger felmeddelande? Hur lyder felmeddelandet?

```
1 scala> class Punkt(val x: Double, val y: Double)
2 scala> val pt: Punkt = new Punkt(10.0, 10.0)
3 scala> val i: Int = pt.x
4 scala> val (x: Double, y: Double) = (pt.x, pt.y)
5 scala> val p: Double = new Punkt(5.0, 5.0)
6 scala> val p = new Punkt(5.0, 5.0): Double
7 scala> val p = new Punkt(5.0, 5.0): Punkt
8 scala> pt: Punkt
```

b) Man kan undersöka om ett objekt är av en viss typ med metoden `isInstanceOf[Typnamn]`. Vad ger nedan anrop av metoden `isInstanceOf` för värde?

```
1 scala> class Punkt(val x: Double, val y: Double)
2 scala> val pt: Punkt = new Punkt(1.0, 2.0)
3 scala> pt.isInstanceOf[Punkt]
4 scala> pt.isInstanceOf[Double]
5 scala> pt.x.isInstanceOf[Punkt]
6 scala> pt.x.isInstanceOf[Double]
7 scala> pt.x.isInstanceOf[Int]
```

**Uppgift 7.** Any. Alla klasser är också av typen Any. Alla klasser får därmed med sig några gemensamma metoder som finns i den fördefinierade klassen Any, däribland metoderna `isInstanceOf` och `toString`. Vad blir resultatet av respektive rad nedan? Vilken rad ger ett felmeddelande?

```
1 scala> class Punkt(val x: Double, val y: Double)
2 scala> val pt: Punkt = new Punkt(1.0, 2.0)
3 scala> pt.isInstanceOf[Punkt]
4 scala> pt.isInstanceOf[Any]
5 scala> pt.x.toString
6 scala> println(pt.x)
7 scala> val a: Any = pt
8 scala> println(a.x)
9 scala> a.toString
10 scala> pt.y.toString
11 scala> a.y.toString
```

**Uppgift 8.** Byta ut metoden `toString`. I klassen Any finns metoden `toString` som skapar en strängrepresentation av objektet. Du kan byta ut metoden `toString` i klassen Any mot din egen implementation. Man använder nyckelordet **override** när man vill byta ut en metodimplementation.

```
1 scala> class Punkt(val x: Double, val y: Double) {
2     override def toString: String = "[x=" + x + ",y=" + y + "]"
3 }
4 scala> val pt = new Punkt(1.0, 42.0)
5 scala> pt.toString
```

```
6 scala> println(pt)
```

- Vad händer egentligen på sista raden ovan?
- Omdefiniera `toString` så att den ger en sträng på formen `Punkt(1.0, 42.0)`.
- Vad händer om du utelämnar nyckelordet **override** vid omdefiniering?

**Uppgift 9.** *Objektfabrik med apply-metod.* Man kan ordna så att man slipper skriva **new** med ett s.k. *fabriksobjekt* (eng. *factory object*).

```
class Pt(val x: Double, y: Double) {
  override def toString: String = "Pt(x=" + x + ",y=" + y + ")"
}
object Pt {
  def apply(x: Double, y: Double): Pt = new Pt(x, y)
}
```

- Skriv satser som använder metoden `apply` i fabriksobjektet **object** `Pt` för att skapa flera olika punkter.
- Ge `apply`-metoden default-argument 0.0 för både `x` och `y` så att `Pt()` skapar en punkt i origo.
- Skapa en klass `Rational` som representerar rationellt tal som en kvot mellan två heltal. Ge klassen två oföränderliga, publika klassparameterattribut med namnen `nom` för täljaren och `denom` för nämnaren.
- Skapa ett fabriksobjekt med en `apply`-metod som tar två heltalsparametrar och skapar en instans av klassen `Rational`.
- Skapa olika instanser av din klass `Rational` ovan med hjälp av fabriksobjektet.

**Uppgift 10.** *Skapa en case-klass.* Med en case-klass får man `toString` och fabriksobjekt på köpet. Man behöver inte skriva **val** framför klassparametrar i case-klasser; klassparametrar blir publika, oföränderliga attribut automatiskt när man deklarerar en case-klass.

```
1 scala> case class Pt(x: Double, y: Double)
2 scala> val p = Pt(1.0, 42.0)
3 scala> p.toString
4 scala> println(p)
5 scala> println(Pt(5,6))
```

- Implementera din klass `Rational` från föregående uppgift, men nu som en case-klass.

**Uppgift 11.** *Metoder på datastrukturer.* En datastruktur blir mer användbar om det finns metoder som kan användas på datastrukturen. Metoder i Scala kan även ha (vissa) specialtecken som namn, t.ex. + enligt nedan.

```
1 scala> case class Point(x: Double, y: Double) {
2   def distToOrigin: Double = math.hypot(x, y)
```

```

3     def add(p: Point): Point = Point(x + p.x, y + p.y)
4     def +(p: Point): Point = add(p)
5 }

```

- a) Använd metoden `distToOrigin` för att ta reda på vad punkten med koordinaterna (3, 4) har för avstånd till origo?
- b) Skriv satser som skapar två punkter (3,4) och (5, 6) och låt variablerna `p1` och `p2` referera till respektive punkt. Låt variabeln `p3` bli summan av `p1` och `p2` med hjälp av metoden `add`. Vad får uttrycken `p3.x` resp. `p3.y` för värden?

**Uppgift 12.** *Operatornotation.* Vid punktnotation på formen:

`objekt.metod(argument)`

kan man skippa punkten och parenteserna och skriva:

`objekt metod argument`

Detta förenklade skrivsätt kallas **operatornotation**.

- a) Använd klassen `Point` från uppgift 11 och prova nedan satser. Vilka rader använder operatortnotation och vilka rader använder punktnotation? Vilka rader ger felmeddelande?

```

1 scala> val p1 = Point(3,4)
2 scala> val p2 = Point(3,4)
3 scala> p1.add(p2)
4 scala> p1 add p2
5 scala> p1.+(p2)
6 scala> p1 + p2
7 scala> 42 + 1
8 scala> 42.+(1)
9 scala> 42.+ 1
10 scala> 42 +(1)
11 scala> 1.to(42)
12 scala> 1 to 42
13 scala> 1.to(42)

```

- b) Implementera metoderna `sub` och `-` i klassen `Point` och skriv uttryck som kombinerar `add` och `sub`, samt `+` och `-` i både punktnotation och operatornotation.
- c) Operatornotation fungerar även med flera argument. Man använder då parenteser om listan med argumenten: `objekt metod (arg1, arg2)`  
 Definiera en metod  
**def** `scale(a: Double, b: Double) = Point(x * a, y * b)`  
 i klassen `Point` och skriv satser som använder metoden med punktnotation och operatornotation.

**Uppgift 13.** *Föränderlighet och oföränderlighet.* Oföränderliga och föränderliga objekt beter sig olika vid tilldelning.




- a) Innan du kör nedan kod: Försök lista ut vad som kommer att skrivas ut. Rita minnessituationen efter varje tilldelning.

```
println("\n--- Example 1: mutable value assigment")
```

```
var x1 = 42
var y1 = x1
x1 = x1 + 42
println(x1)
println(y1)
```

b) Innan du kör nedan kod: Försök lista ut vad som kommer att skrivas ut. Rita minnessituationen efter varje tilldelning. 

```
println("\n--- Example 2: mutable object reference assignment")
class MutableInt(private var i: Int) {
  def +(a: Int): MutableInt = { i = i + a; this }
  override def toString: String = i.toString
}
var x2 = new MutableInt(42)
var y2 = x2
x2 = x2 + 42
println(x2)
println(y2)
```

c) Innan du kör nedan kod: Försök lista ut vad som kommer att skrivas ut. Rita minnessituationen efter varje tilldelning. 

```
println("\n--- Example 3: immutable object reference assignment")
class ImmutableInt(val i: Int) {
  def +(a: Int): ImmutableInt = new ImmutableInt(i + a)
  override def toString: String = i.toString
}
var x3 = new ImmutableInt(42)
var y3 = x3
x3 = x3 + 42
println(x3)
println(y3)
```

d) Vad finns det för fördelar med oföränderliga datastrukturer? 

**Uppgift 14.** Några användbara samlingar. En **samling** (eng. *collection*) är en datastruktur som samlar många objekt av samma typ. I `scala.collection` och `java.util` finns många olika samlingar med en uppsjö användbara metoder. De olika samlingarna i `scala.collection` är ordnade i en gemensam hierarki med många gemensamma metoder; därför har man nytta av det man lär sig om metoderna i en Scala-samling när man använder en annan samling. Vi har redan tidigare sett samlingen `Vector`:

```
1 scala> val tärningskast = Vector.fill(10000)((math.random * 6 + 1).toInt)
2 scala> tä    // tryck TAB
3 scala> tärningskast. // tryck TAB
```



a) Ungefär hur många metoder finns det som man kan göra på objekt av typen `Vector`? Det är svårt att lära sig alla dessa på en gång, så vi väljer ut några få i kommande uppgifter.

b) Jämför överlappet mellan metoderna i `Vector` och `List` och uppskatta hur stor andel av metoderna som är gemensamma:

```
1 scala> val myntkast =
2     List.fill(10000)(if (math.random < 0.5) "krona" else "klave")
3 scala> my // tryck TAB
4 scala> myntkast. // tryck TAB
```

**Uppgift 15. Typparameter.** Vissa funktioner är generella för många typer och tar en så kallad **typparameter** inom hakparenteser. Ofta slipper man skriva typparametrar, då kompilatorn kan härleda typen utifrån argumenten. Om man anger typparametrar explicit så hjälper kompilatorn dig med att kolla att det verkligen är rätt typ i samlingen.

a) Vad händer nedan?

```
1 scala> var xs = Vector.empty[Int]
2 scala> xs = xs :+ "42"
3 scala> xs = xs :+ 43 :+ 64 :+ 46
4 scala> xs
5 scala> xs :+= "42".toInt
6 scala> var ys = Vector[Int]("ett", "två", "tre")
7 scala> var ingenting = Vector.empty
8 scala> ingenting = Vector(1,2,3)
```

b) Samlingar är mer användbara om de är *generiska*, vilket innebär att elementens typ avgörs av en typparameter och därför kan vara av vilken typ som helst. Man kan definiera egna funktioner som tar generiska samlingar som parametrar. Förklara vad som händer här:

```
1 scala> val vego = Vector("gurka", "tomat", "apelsin", "banan")
2 scala> val prim = Vector(2, 3, 5, 7, 11, 13)
3 scala> def först[T](xs: Vector[T]): T = xs.head
4 scala> def sist[T](xs: Vector[T]) = xs.last
5 scala> def förstOchSist[T](xs: Vector[T]): (T, T) = (xs.head, xs.last)
6 scala> först(vego)
7 scala> sist(prim)
8 scala> förstOchSist(vego)
9 scala> förstOchSist(prim)
10 scala> def wrap[T](pair: (T, T))(xs: Vector[T]) = pair._1 +: xs :+ pair._2
11 scala> wrap("Odlä", "och ät!")(vego)
12 scala> wrap("Odlä", "och ät!")(vego).mkString(" ")
```

**Uppgift 16. Några viktiga samlingsmetoder.** Deklarera följande vektorer i REPL.

```
1 scala> val xs = (1 to 10).toVector
2 scala> val a = Vector("abra", "ka", "dabra")
3 scala> val b = Vector("sim", "sala", "bim", "sala", "bim")
```

```
4 scala> val stor = Vector.fill(100000)(math.random)
```

Undersök i REPL vad som händer nedan. Alla dessa metoder fungerar på alla samlingar som är indexerbara sekvenser. Givet deklarationerna ovan: vad har uttrycken nedan för värde och typ? Förklara vad som händer hjälp av denna översikt: [docs.scala-lang.org/overviews/collections/seqs](https://docs.scala-lang.org/overviews/collections/seqs)

- a) `a(1) + xs(1)`
- b) `a apply 0`
- c) `a.isDefinedAt(3)`
- d) `a.isDefinedAt(100)`
- e) `stor.length`
- f) `stor.size`
- g) `stor.min`
- h) `stor.max`
- i) `a indexOf "ka"`
- j) `b.lastIndexOf("sala")`
- k) `"först" ++ b` //minnesregel: colon on the collection side
- l) `a ++ "sist"` //minnesregel: colon on the collection side
- m) `xs.updated(2,42)`
- n) `a.padTo(10, "!")`
- o) `b.sorted`
- p) `b.reverse`
- q) `a.startsWith(Vector("abra", "ka"))`
- r) `"hejsan".endsWith("san")`
- s) `b.distinct`

**Uppgift 17.** Några generella samlingsmetoder. Det finns metoder som går att köra på *alla* samlingar även om de inte är indexerbara. Givet deklarationerna i föregående uppgift: vad har uttrycken nedan för värde och typ? Förklara vad som händer med hjälp av dessa översikter:

[docs.scala-lang.org/overviews/collections/trait-traversable](https://docs.scala-lang.org/overviews/collections/trait-traversable)

[docs.scala-lang.org/overviews/collections/trait-iterable](https://docs.scala-lang.org/overviews/collections/trait-iterable)

- a) `a ++ b`
- b) `a ++ stor`
- c) `val ys = xs.map(_ * 5)`
- d) `b.toSet` // En mängd har inga dubletter
- e) `a.head + b.last`
- f) `a.tail`
- g) `a.head ++ a.tail == a`
- h) `Vector(a.head) ++ Vector(b.last)`
- i) `a.take(1) ++ b.takeRight(1)`

- j) `a.drop(2) ++ b.drop(1).dropRight(2)`
- k) `a.drop(100)`
- l) `val e = Vector.empty[String]; e.take(100)`
- m) `Vector(e.isEmpty, e.nonEmpty)`
- n) `a.contains("ka")`
- o) `"ka" contains "a"`
- p) `a.filter(s => s.contains("k"))`
- q) `a.filter(_.contains("k"))`
- r) `a.map(_.toUpperCase).filterNot(_.contains("K"))`
- s) `xs.filter(x => x % 2 == 0)`
- t) `xs.filter(_ % 2 == 0)`

**Uppgift 18.** De olika samlingarna i `scala.collection` används flitigt i andra paket, exempelvis `scala.util` och `scala.io`.

- a) Vad händer här? (Metoden `shuffle` skapar en ny samling med elementen i slumpvis ordning.)

```
1 val xs = Vector(1,2,3)
2 def blandat = scala.util.Random.shuffle(xs)
3 def test = if (xs == blandat) "lika" else "olika"
4 (for(i <- 1 to 100) yield test).count(_ == "lika")
```

- b) Skapa en textfil med namnet `fil.txt` som innehåller lite text och läs in den med:

```
scala.io.Source.fromFile("fil.txt", "UTF-8").getLines.toVector
```

```
1 > cat > fil.txt
2 hejsan
3 svejsan
4 > scala
5 scala> val xs = scala.io.Source.fromFile("fil.txt", "UTF-8").getLines.toVector
6 scala> xs.foreach(println)
```

- c) Vad händer här? (Metoden `trim` på värden av typen `String` ger en ny sträng med blanktecken i början och slutet borttagna.)

```
1 scala> val pgk =
2   scala.io.Source.fromURL("http://cs.lth.se/pgk/", "UTF-8").getLines.toVector
3 scala> pgk.foreach(println)
4 scala> pgk.map(_.trim).
5   filterNot(_.startsWith("<")).
6   filterNot(_.isEmpty).
7   foreach(println)
```

**Uppgift 19.** *Jämföra List och Vector.* En indexerbar sekvens av värden kallas vektor eller lista. I Scala finns flera klasser som kan indexeras, däribland klasserna `Vector` och `List`.

a) *Likheter mellan Vector och List.* Kör nedan rader i REPL. Prova indexera i båda och studera hur stor andel av metoderna som är gemensamma.

```
1 scala> val sv = Vector("en", "två", "tre", "fyra")
2 scala> val en = List("one", "two", "three", "four")
3 scala> sv(0) + sv(3)
4 scala> en(0) + en(3)
5 scala> sv. //tryck TAB
6 scala> en. //tryck TAB
```

b) *Skillnader mellan Vector och List.* Klassen Vector i Scala har "under huven" en avancerad datastruktur i form av ett s.k. självbalanserande träd, vilket gör att Vector är snabbare än List på nästan allt, *utom* att bearbeta elementen i *början* av sekvensen; vill man lägga till och ta bort i början av en List så kan det ibland gå ungefär dubbelt så fort jämfört med Vector, medan alla andra operationer är lika snabba eller snabbare med Vector. Det finns ett fåtal speciella metoder, som bara finns i List, för att skapa en lista och lägga till i början av en lista. Vad händer nedan?

```
1 scala> var xs = "one" :: "two" :: "three" :: "four" :: Nil
2 scala> xs = "zero" :: xs
3 scala> val ys = xs.reverse ::: xs
```

**Uppgift 20. Mängd.** En mängd är en samling som garanterar att det inte finns några dubletter. Det går dessutom väldigt snabbt, även i stora mängder, att kolla om ett element finns eller inte i mängden. Elementen i samlingen Set hamnar ibland, av effektivitetsskäl, i en förvånande ordning.

```
1 scala> val s = Set("Malmö", "Stockholm", "Göteborg", "Köpenhamn", "Oslo")
2 s: scala.collection.immutable.Set[String] =
3   Set(Oslo, Malmö, Köpenhamn, Stockholm, Göteborg)
4
5 scala> val t = Set("Sverige", "Sverige", "Sverige", "Danmark", "Norge")
6 t: scala.collection.immutable.Set[String] = Set(Sverige, Danmark, Norge)
```

Givet ovan deklARATIONER: vad blir värde och typ av nedan uttryck?

- a) `s + "Malmö" == s`
- b) `s ++ t`
- c) `Set("Malmö", "Oslo").subsetOf(s)`
- d) `s subsetOf Set("Malmö", "Oslo")`
- e) `s contains "Lund"`
- f) `s apply "Lund"`
- g) `s("Malmö")`
- h) `s - "Stockholm"`
- i) `t - ("Norge", "Danmark", "Tyskland")`
- j) `s -- t`
- k) `s -- Set("Malmö", "Oslo")`

- l) `Set(1,2,3) intersect Set(2,3,4)`
- m) `Set(1,2,3) & Set(2,3,4)`
- n) `Set(1,2,3) union Set(2,3,4)`
- o) `Set(1,2,3) | Set(2,3,4)`

**Uppgift 21.** *Slå upp värden från nycklar med Map.* Samlingen Map är mycket användbar. Med den kan man snabbt leta upp ett värde om man har en nyckel. Samlingen Map är en generalisering av en vektor, där man kan "indexera", inte bara med ett heltal, utan med vilken typ av värde som helst, t.ex. en sträng. Datastrukturen Map är en s.k. *associativ array*<sup>1</sup>, implementerad som en s.k. *hashtabell*<sup>2</sup>.

```
1 scala> var huvudstad =
2   Map("Sverige" -> "Stockholm", "Norge" -> "Oslo", "Skåne" -> "Malmö")
```

Givet ovan variabel huvudstad, förklara vad som händer nedan?

- a) `huvudstad apply "Skåne"`
- b) `huvudstad("Sverige")`
- c) `huvudstad.contains("Skåne")`
- d) `huvudstad.contains("Malmö")`
- e) `huvudstad += "Danmark" -> "Köpenhamn"`
- f) `huvudstad.foreach(println)`
- g) `huvudstad.getOrElse("Norge", "???)`
- h) `huvudstad.getOrElse("Finland", "???)`
- i) `huvudstad.keys.toVector.sorted`
- j) `huvudstad.values.toVector.sorted`
- k) `huvudstad - "Skåne"`
- l) `huvudstad - "Jylland"`
- m) `huvudstad = huvudstad.updated("Skåne", "Lund")`

**Uppgift 22.** *Skapa Map från en samling.*

- a) Definiera denna vektor och undersök dess typ:

```
val pairs = Vector(
  ("Björn", 46462229009L),
  ("Maj", 46462221667L),
  ("Gustav", 46462224906L))
```

- b) Vad har variabeln telnr nedan för typ:

```
var telnr = pairs.toMap
```

- c) Använd telnr för att slå upp telefonnummer för Maj och Kim med hjälp av metoderna apply och get.

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Associative\\_array](https://en.wikipedia.org/wiki/Associative_array)

<sup>2</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Hash\\_table](https://en.wikipedia.org/wiki/Hash_table)

- d) Använd metoden `getOrElse` vid upplagningar av `telnr` och ge `-1L` som telefonnummer i händelse av att ett nummer inte finns.
- e) Lägg till `("Fröken Ur", 464690510L)` i `telnr`-mappen.
- f) Skapa en `Vector[(String, String)]` enligt nedan, så att telefonnumret blir en sträng utan inledande landsnummer men med en nolla i riktnumret. Byt ut `???` mot lämpligt uttryck.

```
1 scala> telnr.toVector.map(p => ???)
2 res85: Vector[(String, String)] = Vector(("Björn", "0462229009"), ("Maj",
3 "0462221667"), ("Gustav", "0462224906"), ("Fröken Ur", 04690510"))
```

- g) Använd vektorn i resultatet ovan för att skapa en ny `Map[String, String]` med nationella telefonnummer. Slå upp numret till Fröken Ur.

## 4.4.2 Extrauppgifter

**Uppgift 23.** **TODO!!!** Träna mer på klass

```
class Account(val number: Long, val maxCredit: Int){
  private var balance = 0

  def deposit(amount: Int): Int = {
    if (amount > 0) {balance += amount}
    balance
  }

  def withdraw(amount: Int): (Int, Int) = if (amount > 0) {
    val allowedWithdrawal =
      if (amount < balance + maxCredit) amount
      else balance + maxCredit
    balance = balance - allowedWithdrawal
    (allowedWithdrawal, balance)
  } else (0, balance)

  def show: Unit =
    println("Account Nbr: " + number + " balance: " + balance)
}

object Main {
  def main(args: Array[String]): Unit = {
    ???
  }
}
```

**Uppgift 24.** **TODO!!!** Träna mer på mängd

- a) **TODO!!!** Keno-bollar.

### 4.4.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 25.** *Dokumentationen för Any.* Undersök vilka metoder som finns i klassen Any här: <http://www.scala-lang.org/api/current/#scala.Any>. Prova några av metoderna i REPL.

**Uppgift 26.** *Dokumentationen för samlingar.* Leta upp metoden tabulate i dokumentationen för objektet Vector nästan längst ner i listan här:

[http://www.scala-lang.org/api/current/#scala.collection.immutable.Vector\\$](http://www.scala-lang.org/api/current/#scala.collection.immutable.Vector$)

Leta upp den variant av tabulate som har signaturen:

```
def tabulate[A](n: Int)(f: (Int) => A): Vector[A]
```

Klicka på den gråfyllda trekanten till vänster om signaturen som fäller ut beskrivningen

a) Förklara vad som händer här:

```
scala> Vector.tabulate(10)(i => i % 3)
```

b) Klicka på det blåa stora o-et överst på sidan, för att växla till klass-vyn och studera listan med alla metoder i klassen Vector.

**Uppgift 27.** *Fler metoder på indexerbara sekvenser.* Deklarera följande vektorer i REPL.

```
1 scala> val xs = (1 to 10).toVector
2 scala> val a = Vector("abra", "ka", "dabra")
3 scala> val b = Vector("sim", "sala", "bim", "sala", "bim")
```

Undersök i REPL vad som händer nedan. Alla dessa metoder fungerar på alla samlingar som är indexerbara sekvenser. Vad har uttrycken för värde och typ? Förklara vad metoden gör. Studera även denna översikt: [docs.scala-lang.org/overviews/collections/seqs](http://docs.scala-lang.org/overviews/collections/seqs)

- a) `b.indexWhere(s => s.startsWith("b"))`
- b) `a.indices`
- c) `xs.patch(1, Vector(42,43,44), 7)`
- d) `xs.segmentLength(_ < 8, 2)`
- e) `b.sortBy(_.reverse)`
- f) `b.sortWith((s1, s2) => s1.size < s2.size)`
- g) `a.reverseMap(_.size)`
- h) `a intersect Vector("ka", "boom", "pow")`
- i) `a diff Vector("ka")`
- j) `a union Vector("ka", "boom", "pow")`

**Uppgift 28.** Jämför tidsprestanda mellan List och Vector vid hantering i början och i slutet.

a) Hur snabbt går nedan på din dator? (Exemplet nedan är exekverat på en Intel i7-4790K CPU @ 4.00GHz.)

```
$scala
Welcome to Scala 2.11.8 (Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM, Java 1.8.0_66).
Type in expressions for evaluation. Or try :help.

scala> :pa
// Entering paste mode (ctrl-D to finish)

def time(n: Int)(block: => Unit): Double = {
  def now = System.nanoTime
  var timestamp = now
  var sum = 0L
  var i = 0
  while (i < n) {
    block
    sum = sum + (now - timestamp)
    timestamp = now
    i = i + 1
  }
  val average = sum.toDouble / n
  println("Average time: " + average + " ns")
  average
}

// Exiting paste mode, now interpreting.

time: (n: Int)(block: => Unit)Double

scala> val n = 100000
scala> val l = List.fill(n)(math.random)
scala> val v = Vector.fill(n)(math.random)

scala> (for(i <- 1 to 20) yield time(n){l.take(10)}).min
Average time: 476.85004 ns
Average time: 52.29291 ns
Average time: 221.50289 ns
Average time: 218.60302 ns
Average time: 45.01888 ns
Average time: 243.7818 ns
Average time: 45.02228 ns
Average time: 2132.03995 ns
Average time: 52.83995 ns
Average time: 46.7478 ns
Average time: 51.8753 ns
Average time: 70.57658 ns
Average time: 45.26142 ns
Average time: 95.16307 ns
Average time: 43.84092 ns
Average time: 55.24695 ns
Average time: 84.06113 ns
Average time: 42.04872 ns
Average time: 50.9871 ns
Average time: 122.80649 ns
res0: Double = 42.04872
```



```
scala> (for(i <- 1 to 20) yield time(n){v.take(10)}).min
Average time: 429.23201 ns
Average time: 257.70543 ns
Average time: 271.02261 ns
Average time: 198.8826 ns
Average time: 161.67466 ns
Average time: 190.5253 ns
Average time: 112.82044 ns
Average time: 82.45798 ns
Average time: 81.17192 ns
Average time: 129.28968 ns
Average time: 104.86973 ns
Average time: 80.33942 ns
Average time: 81.64533 ns
Average time: 92.22053 ns
Average time: 78.5791 ns
Average time: 84.55555 ns
Average time: 78.88382 ns
Average time: 77.25284 ns
Average time: 83.62473 ns
Average time: 72.39703 ns
res1: Double = 72.39703

scala> (for(i <- 1 to 20) yield time(1000){l.takeRight(10)}).min
Average time: 264902.261 ns
Average time: 225706.676 ns
Average time: 228625.873 ns
Average time: 230358.379 ns
Average time: 229971.679 ns
Average time: 237404.948 ns
Average time: 242580.96 ns
Average time: 242455.325 ns
Average time: 242316.002 ns
Average time: 242046.311 ns
Average time: 242378.896 ns
Average time: 242740.221 ns
Average time: 242131.301 ns
Average time: 242466.169 ns
Average time: 242075.599 ns
Average time: 242247.534 ns
Average time: 242739.886 ns
Average time: 241982.93 ns
Average time: 242118.373 ns
Average time: 241941.998 ns
res2: Double = 225706.676

scala> (for(i <- 1 to 20) yield time(1000){v.takeRight(10)}).min
Average time: 661.737 ns
Average time: 420.765 ns
Average time: 225.867 ns
Average time: 256.524 ns
Average time: 235.596 ns
Average time: 231.764 ns
Average time: 154.279 ns
Average time: 139.37 ns
Average time: 139.183 ns
```

```
Average time: 153.957 ns
Average time: 142.883 ns
Average time: 140.837 ns
Average time: 154.178 ns
Average time: 138.72 ns
Average time: 202.93 ns
Average time: 174.179 ns
Average time: 175.98 ns
Average time: 171.658 ns
Average time: 177.097 ns
Average time: 173.1 ns
res3: Double = 138.72
```

b) Varför går det olika snabbt olika körningar?

**Uppgift 29.** Studera skillnader i prestanda mellan olika samlingar här:  
[docs.scala-lang.org/overviews/collections/performance-characteristics.html](https://docs.scala-lang.org/overviews/collections/performance-characteristics.html)  
(Mer om detta i kommande kurser.)

**Uppgift 30.** **TODO!!!** Gör något rekursivt med en lista för att visa hur syntaxen kan se ut med cons.

## 4.5 Laboration: pirates

### Mål

- ☐ Kunna använda utvecklingsmiljön Eclipse och dess ScalaIDE.
- ☐ Kunna använda case classer för att spara data.
- ☐ Kunna spara data till fil.
- ☐ Kunna läsa in data från fil med `scala.io`.
- ☐ Kunna skapa och använda klasser för att behandla data.
- ☐ Kunna använda samlingstyperna vektor och map.
- ☐ Förstå skillnaden mellan kompileringsfel och exekveringsfel.
- ☐ Kunna felsöka (små) program med hjälp av utskrifter och debuggern i Eclipse.

### Förberedelser

- ☐ Gör övning 4.
- ☐ Läs om Eclipse i Appendix.
- ☐ Läs igenom laborationen och gör förberedelseuppgiften.

### 4.5.1 Förberedelseuppgifter

I resterande delen av kursen kommer vi använda utvecklingsmiljön Eclipse med ScalaIDE. Programmet är installerat på studentdatorerna och det är valfritt att installera det på privata datorer, se instruktionerna i E.3.1.

Följ instruktionerna i E.3.2 och gör följande: starta Eclipse med ScalaIDE, bekanta dig med utvecklingsmiljön genom att skapa och exekvera ett program som skriver ut en pirathälsning samt ladda hem kursens *workspace* som innehåller kodskelett för laborationerna och importera koden för laborationen *pirates* till Eclipse.

### 4.5.2 Obligatoriska uppgifter

Efter en rad olyckliga omständigheter har du blivit pirat i 1700-talets Karibien. Nu behöver du undvika galgen och försöka förutse dina förädiska skeppskamraters nästa steg, naturligtvis utan att *din* lojalitet ifrågasätts.

**Uppgift 1.** *Save your crew.*

a) Kung George är villig att benåda fem personer ur din besättning! Skapa en lista (näja, vektor) där personerna sparas med förnamn, efternamn och befattning genom att läsa in dem från konsolen i Eclipse. Inläsning kan göras med `scala.io` med kodraden:

```
val first = scala.io.StdIn.readLine("Förnamn: ").
```

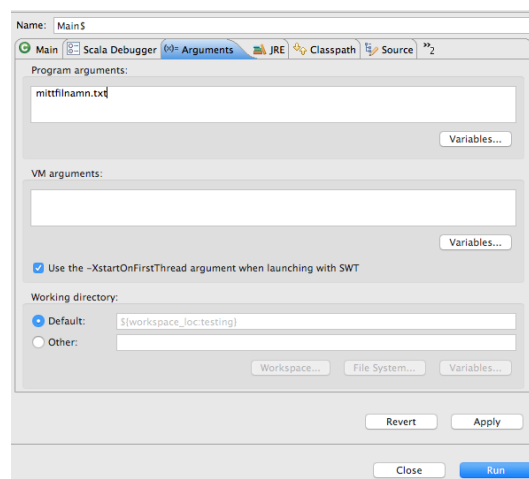
Namnen och befattningen kan sparas som en **case class** `CrewMember`! Kodskelettet för programmet finns i filen `SaveCrew.scala`. Skriv funktionen `saveCrew`

som läser in namn och befattning på dina besättningsmedlemmar och sparar dem i en vektor. Testa dina funktioner genom att ändra i `main`.

b) Vi vill skriva besättningen till en fil så att den faktiskt sparas. Till din hjälp får du följande hjälpobjekt `Utils` med funktionen `write` som tar en sträng `s` och sparar den till en fil `fileName`:

```
object Utils{
  // anropas t ex Utils.write("textAttSpara", "minFil.txt")
  def write(s: String, fileName: String): Unit = {
    import java.nio.file.{Paths, Files, StandardOpenOption}
    Files.write(Paths.get(fileName), s.getBytes("UTF-8"))
  }
  ...
}
```

Istället för att hårdkoda filnamnet går det att ange som argument genom att högerklicka på klassfilen i **Project explorer**, välja **Run As -> Run Configurations** och under fliken **Arguments** skriva in argument (separerade med mellanslag) och sen välja **Run** eller **Apply**.



Ändra i ditt program så att besättningen sparas till filen i det första argumentet om ett sådant har angivits, annars till filen `crew.txt`.

c) Det går att överskugga `toString()` i `CrewMember` och på så sätt ändra utskriften genom att lägga till följande kodrad inne i klassen:

```
override def toString(): String = ??? // add your code here.
```

Ändra utskriften så att den blir *snugg*, t ex med komma

Jack Sparrow, kapten  
 Anne Bonny, mordlysten matros  
 Ed Kenway, lönnmördare  
 ...

**Uppgift 2.** Avlusa din besättning.


a) Din moraliska kompass hindrar dig inte från att också jobba för kungen. Hjälp honom att läsa listan!

En fil `fileName` kan läsas rad för rad till en vektor med följande kod som också finns i objektet `Utils`:

```
// anropas t ex Utils.readLines("minFil.txt")
def readLines(fileName: String): Vector[String] = {
    scala.io.Source.fromFile(fileName).getLines.toVector
}
```

Fyll i koden i `readCrew` som läser in besättningen från filen och skapar en `CrewMember` för varje rad.


b) Ändra i `main` för att testa att din besättning läses in från filen och skrivs ut dem i konsolen. Stämmer det med filinnehållet?

c) Det går att följa exekveringen av programmet stegvis genom att köra det i *debug mode* som startas med .

Då öppnas en debuggvy i Eclipse. Variablerna visas uppe i högra hörnet. Där går att klicka och se vilka värden varje variabel har för tillfället.

Genom att lägga till *break points* (klicka på sidan av koden för att lägga till och ta bort dem) kan programexekveringen pausas just innan raden exekveras



så att programmeraren kan kontrollera variablernas värden och sen köra vidare med .

d) Den konkurrerande kaptenen Charles Vane<sup>3</sup> betalar dig för att sabotera listan genom att lägga till nonsensrader i filen. Gör det. Vad händer då när du exekverar ditt testprogram?

e) Ändra din funktion `readCrew` så att en korrekt formaterad rad skapar en `CrewMember` medan felaktiga rader skriver ut felmeddelande. Testa ditt nya program och se om det blir som förväntat genom lämpliga break points och utskrifter. Går det att lura ditt program?

**Uppgift 3.** Lögner, förbannade lögner och statistik.

För att du inte ska bli överlistad av dina sluga, lögnaktiga skeppskamrater behöver du kunna gissa hur en pirat tänker. Därför förkovrar du dig i Robert Louis Stevensons *Skattkammarön*<sup>4</sup> som finns i filen `skattkammarön.txt` i workspacet. Genom att för varje ord spara det mest frekventa nästkommande ordet går det att förutse vad som kommer sägas<sup>5</sup>.

<sup>3</sup>hängd för sjöröveri i Port Royal 1721.

<sup>4</sup>Vars copyright har gått ut så du behöver inte piratkopiera den.

<sup>5</sup>Detta används till exempel i Swiftkey på smarttelefoner.

a) Det går att läsa in ord från en fil med `scala.io.Source.fromFile` genom att först läsa in alla rader, ta bort allt som *inte* är svenska bokstäver och sen göra en split på *white space*:

```
// i Uutils
def readWords(fileName: String): Vector[String] = {
  scala.io.Source.fromFile(fileName)("UTF-8").getLines.
    map(_.replaceAll("[^a-zA-ZåäöÅÄÖ\\s]", " ")).
    flatMap(_.split("\\s+")).filter(!_.isEmpty).toVector
}
```

Kodskelettet finns i objektet `PirateSpeech`. Lägg till kodrader i metoden `readBook` som läser in alla ord i filen `skattkamarön.txt`. Det finns en tom klass `FrequencyCounter` som för varje ord ska räkna nästkommande ord (sådana ordpar kallas bigram). Varje ord får en egen `FrequencyCounter` som i sin tur innehåller en samling, t ex en `Map` som listar alla efterföljande ord och deras antal så att vi kan få deras frekvens. Ditt uppdrag är att implementera `FrequencyCounter`.

b) Lägg till en funktion `add(next:String)` i `FrequencyCounter` som ökar frekvensen av det ordet `next` eller lägger till det med räknaren satt till 1 om det inte finns.

c) Skriv ett program som läser in alla ord och räknar ut deras frekvens. Tips: håll reda på orden och deras bigramfrekvensräknare med en `Map[String, FrequencyCounter]()`.

d) Skriv funktionen `getBestGuess()` i `FrequencyCounter` som returnerar det mest frekventa efterföljande ordet.

e) Det tar lång tid att läsa hela boken varje gång programmet körs, det gäller att vara kvicktänkt och vi är faktiskt bara intresserade av den mest sannolika gissningen! Utöka din funktion `readBook` (eller skapa en ny funktion!) så att du sparar ordpar `word, bestGuess` med den bästa gissningen till varje ord till en fil.

f) Ändra i ditt program så att bara paren med de bästa gissningarna läses in i en `Map[String, String]()`. Fyll i metoden `testSpeech` som läser in ett ord från användaren från konsolen och gissar vad de ska säga sen. Efterföljs ”James” oftast av ”Hawkins” och eller av ”Flint”?

### 4.5.3 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 4.** Läs in större mängder text, implementera ett tangentbord till Android och bli rik.

# Kapitel 5

## Sekvensalgoritmer

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ sekvensalgoritm
- ☐ algoritm: SEQ-COPY
- ☐ in-place vs copy
- ☐ algoritm: SEQ-REVERSE
- ☐ algoritm: SEQ-REGISTER
- ☐ sekvenser i Java vs Scala
- ☐ for-sats i Java
- ☐ `java.util.Scanner`
- ☐ `scala.collection.mutable.ArrayBuffer`
- ☐ `StringBuilder`
- ☐ `java.util.Random`
- ☐ slumpvalsfrö

## 5.1 Vad är en sekvensalgoritm?

- En algoritm är en stegvis beskrivning av hur man löser ett problem.
- En sekvensalgoritm är en algoritm där dataelement i sekvens utgör en viktig del av problembeskrivningen och/eller lösningen.
- Exempel: sortera en sekvens av personer efter deras ålder.
- Två olika principer:
  - Skapa **ny sekvens** utan att förändra indatasekvensen
  - Ändra **på plats** (eng. *in place*) i den **föränderliga** indatasekvensen

## 5.2 Några indexerbara samlingar

- Oföränderliga:
  - Kan **ej** ändra elementreferenserna:  
Scala: **Vector**, **List**
- Föränderliga: kan **ändra** elementreferenserna
  - Kan **ej ändra storlek** efter allokering:  
Scala+Java: **Array**
  - Kan ändra storlek efter allokering:  
Scala: **ArrayBuffer**  
Java: **ArrayList**

## 5.3 Algoritm: SEQ-COPY

**Indata** : Heltalsarray  $xs$

**Resultat**: En ny heltalsarray som är en kopia av  $xs$ .

```
1  $n \leftarrow$  antalet element i  $xs$ 
2  $ys \leftarrow$  en ny array med plats för  $n$  element
3  $i \leftarrow 0$ 
4 while  $i < n$  do
5    $ys(i) \leftarrow xs(i)$ 
6    $i \leftarrow i + 1$ 
7 end
8 return  $ys$ 
```



## 5.4 Egenskaper hos några sekvenssamlingar

- Vector
  - **Oföränderlig**
  - **Bra till det mesta** och hyffsat **snabb**
- List
  - **Oföränderlig**
  - Snabb vid bearbetning **i början**
  - Smidig & snabb vid **rekursiva** algoritmer
  - Långsam vid godtycklig **indexering** och bearbetning **i slutet**
- Array
  - **Föränderlig: snabb indexering & uppdatering**
  - Kan **ej ändra storlek**; storlek anges vid allokering
  - Har särställning i JVM: ger maskinkod med snabb minnesaccess
- ArrayBuffer
  - **Föränderlig: snabb indexering & uppdatering**
  - Kan **ändra storlek** efter allokering
- Om prestandakritiskt: undersök om Array är snabbare

## 5.5 Vilken sekvenssamling ska jag välja?

- Vector
  - Om du vill ha oföränderlighet: **val** xs = Vector[MyType](...)
  - Om du behöver ändra men ej prestandakritiskt:  
**var** xs = Vector.empty[MyType]
  - Om du ännu inte vet vilken som är bäst. (Du kan alltid ändra efter att du mätt prestanda och kollat flaskhalsar.)
- Array
  - Om det **verkligen behövs** av prestandaskäl och du kan bestämma en lämplig storlek vid allokering:  
**val** xs = Array.fill(initSize)(initValue)
- ArrayBuffer
  - det **verkligen behövs** av prestandaskäl och du behöver kunna ändra storlek efter allokering:  
**val** xs = ArrayBuffer.empty[MyType]

## 5.6 Övning: sequences

### Mål

- ☐ Kunna implementera funktioner som tar argumentsekvenser av godtycklig längd.
- ☐ Kunna tolka enkla sekvensalgoritmer i pseudokod och implementera dem i programkod, t.ex. tillägg i slutet, insättning, borttagning, omvändning, etc., både genom kopiering till ny sekvens och genom förändring på plats i befintlig sekvens.
- ☐ Kunna använda föränderliga och oföränderliga sekvenser.
- ☐ Förstå skillnaden mellan om sekvenser är föränderliga och om innehållet i sekvenser är föränderligt.
- ☐ Kunna välja när det är lämpligt att använda Vector, Array och ArrayBuffer.
- ☐ Känna till att klassen Array har färdiga metoder för kopiering.
- ☐ Kunna implementera algoritmer som registrerar antalet förekomster av objekt i en sekvens som indexeras med antalet förekomster.
- ☐ Kunna generera sekvenser av pseudoslumptal med specificerat slumpvalsfrö.
- ☐ Kunna implementera sekvensalgoritmer i Java med **for**-sats och primitiva arrayer.
- ☐ Kunna beskriva skillnaden i syntax mellan arrayer i Scala och Java.
- ☐ Kunna använda klassen `java.util.Scanner` i Scala och Java för att läsa in heltalssekvenser från `System.in`.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 5.

#### 5.6.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** *Variabelt antal argument.* Det går fint att deklarera en funktion som tar en argumentsekvens av godtycklig längd. Syntaxen består av en asterisk `*` efter typen.

a) Vad händer nedan?

```
1 scala> def printAll(xs: Int*) = xs.foreach(println)
2 scala> printAll(42)
3 scala> printAll(1, 2, 7, 42)
4 scala> def printStrings(wa: String*) = println(wa)
5 scala> printStrings("hej", "på", "dej")
```

- b) Vad har parametern `wa` i `printStrings` ovan för typ?
- c) Ändra i `printAll` så att även längden på `xs` skrivs ut före utskriften av alla element. Testa att anropa `printAll` med olika antal parametrar.
- d) Vad händer om du anropar `printAll` med noll parametrar?

**Uppgift 2.** Oföränderliga sekvenser med föränderliga objekt.

a) Vad får `xs` för värde efter att attributet i objektet som `c2` refererar till ändras på rad 4 nedan? Förklara vad som händer.

```
1 scala> class IntCell(var x: Int){override def toString = "[Int](" + x + ")"}
2 scala> val (c1, c2, c3) = (new IntCell(7), new IntCell(8), new IntCell(9))
3 scala> val xs = Vector(c1, c2, c3)
4 scala> c2.x = 42
5 scala> xs
```



b) Rita en bild av minnessituationen efter rad 4 ovan.



c) Vad krävs för att allt innehåll i en oföränderlig samling garanterat ska förbli oförändrat?

**Uppgift 3.** Föränderliga, indexerbara sekvenser: `Array` och `ArrayBuffer`

a) Samlingen `scala.Array` har speciellt stöd i JVM och är extra snabb att allokera och indexera i. Dock kan man inte ändra storleken efter att en `Array` allokerats. Behöver man mer plats kan man kopiera den till en ny, större array. Koden nedan visar hur det kan gå till.

```
1 scala> val xs = Array(42, 43, 44)
2 scala> val ys = new Array[Int](4) //plats för 4 heltal, från början nollor
3 scala> for (i <- 0 until xs.size){ys(i) = xs(i)}
4 scala> ys(3) = 45
```

Definiera funktionen **def** `copyAppend(xs: Array[Int], x: Int): Array[Int]` som implementerar nedan algoritm, *efter* att du rättar de **två buggarna** i algoritmens while-loop:

**Indata** : Heltalsarray `xs` och heltalet `x`

**Resultat**: En ny array som är en kopia av `xs` men med `x` tillagt på slutet som extra element.

```
1  $n \leftarrow$  antalet element i xs
2 ys  $\leftarrow$  en ny array med plats för  $n + 1$  element
3  $i \leftarrow 0$ 
4 while  $i \leq n$  do
5   |  $ys(i) \leftarrow xs(i)$ 
6 end
7  $ys(n) \leftarrow x$ 
```

b) Samlingen `scala.collection.mutable.ArrayBuffer` är inte riktigt lika snabb i alla lägen som `scala.Array` men storleksändring hanteras automatiskt, vilket är en stor fördel då man slipper att själv implementera algoritmer liknande `copyAppend` ovan. Speciellt använder man ofta `ArrayBuffer` om man stegvis vill bygga upp en sekvens. Vad händer nedan?

```
1 scala> val xs = scala.collection.mutable.ArrayBuffer.empty[Int]
2 scala> xs.append(1, 1)
3 scala> while (xs.last < 100) {xs.append(xs.takeRight(2).sum); println(xs)}
4 scala> xs.last
5 scala> xs.length
```

c) Talen i sekvensen som produceras ovan kallas Fibonaccital<sup>1</sup>. Hur lång ska en Fibonacci-sekvens vara för att det sista elementet ska komma så nära (men inte över) `Int.MaxValue` som möjligt?

**Uppgift 4. Kopiering och uppdatering.** Metoder på oföränderliga samlingar skapar nya samlingar istället för att ändra. Därför behöver man inte själv skapa kopior. När en *föränderlig* samling uppdateras på plats, syns denna förändring via alla referenser till samlingen.

```
1 scala> val xs = Vector(1, 2, 3)
2 scala> val ys = xs.toArray
3 scala> ys(1) = 42
4 scala> xs
5 scala> ys
6 scala> val zs = ys.toArray
7 scala> zs(1) = 84
8 scala> xs
9 scala> ys
10 scala> zs
```

- a) Syns uppdateringen av objektet som `ys` refererar till via referensen `xs`? Varför?
- b) Syns uppdateringen av objektet som `zs` refererar till via referensen `ys`? Varför?
- c) Syns uppdateringen av objektet som `zs` refererar till via referensen `xs`? Varför?

**Uppgift 5. Färdig metod för att skapa kopia av array.** Om man inte vill att en uppdatering av en föränderlig samling ska få oönskad påverkan på andra koddelar som refererar till samlingen, behöver man göra kopior av samlingen före uppdatering. Det finns färdiga metoder för kopiering av objekt av typen `Array` i paketet `java.util.Arrays`.

- a) Studera dokumentationen för metoden `java.util.Arrays.copyOf` här:  [docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Arrays.html#copyOf-int:A-int-](https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Arrays.html#copyOf-int:A-int-). Notera att syntaxen för arrayer i Java är annorlunda: När det står `int[]` i Java så motsvarar det `Array[Int]` i Scala. Vad används den andra parametern till?
- b) Rita en bild av hur minnet ser ut efter varje tilldelning nedan. Vad har `xs`, `ys` och `zs` för värden efter exekveringen av raderna 1–5 nedan? Varför? 

```
1 scala> val xs = Array(1, 2, 3, 4)
2 scala> val ys = xs
3 scala> val zs = java.util.Arrays.copyOf(xs, xs.size - 1)
4 scala> xs(0) = 42
5 scala> zs(0) = 84
6 scala> xs
7 scala> ys
8 scala> zs
```



<sup>1</sup>[sv.wikipedia.org/wiki/Fibonaccital](https://sv.wikipedia.org/wiki/Fibonaccital)

**Uppgift 6.** *Algoritm: SEQ-REVERSE-COPY.* Implementera nedan algoritm:

**Indata** : Heltalsarray  $xs$   
**Resultat** : En ny heltalsarray med elementen i  $xs$  i omvänd ordning.

```

1  $n \leftarrow$  antalet element i  $xs$ 
2  $ys \leftarrow$  en ny heltalsarray med plats för  $n$  element
3  $i \leftarrow 0$ 
4 while  $i < n$  do
5    $ys(n - i - 1) \leftarrow xs(i)$ 
6    $i \leftarrow i + 1$ 
7 end
8 return  $ys$ 
```


-  a) Skriv implementation med penna och papper. Använd en **while**-sats på samma sätt som i algoritmen. Prova sedan din implementation på dator och kolla så att den fungerar.
-  b) Skriv implementationen med penna och papper igen, men använd nu istället en **for**-sats som räknar baklänges. Prova sedan din implementation på dator och kolla så att den fungerar.
- c) Definiera en funktion i REPL med namnet `reverseCopy` med din implementation i uppgift b.

**Uppgift 7.** *Algoritm: SEQ-REVERSE.* Strängar av typen `String` är oföränderliga. Vill man ändra i en sträng utan att skapa en ny kopia kan man använda en `StringBuilder` enligt nedan algoritm som vänder bak-och-fram på en sträng.

**Indata** : En sträng  $s$  av typen `String`  
**Resultat** : En ny sträng av typen `String`

```

1  $sb \leftarrow$  en ny StringBuilder som innehåller  $s$ 
2  $n \leftarrow$  antalet tecken i  $s$ 
3 for  $i \leftarrow 0$  to  $\frac{n}{2} - 1$  do
4    $temp \leftarrow sb(i)$ 
5    $sb(i) \leftarrow sb(n - i - 1)$ 
6    $sb(n - i - 1) \leftarrow temp$ 
7 end
8 return  $sb$  omvandlad till en String
```

- a) Implementera algoritmen ovan i en funktion med signaturen:  
**def** `reverseString(s: String): String`
- b) Använd din funktion `reverseString` från föregående deluppgift i en ny funktion med signaturen:  
**def** `isPalindrome(s: String): Boolean`  
som avgör om en sträng är en palindrom.<sup>2</sup>
-  c) Man kan med en **while**-sats och indexering direkt i en `String` avgöra om en sträng är en palindrom utan att kopiera den till en `StringBuilder`.

<sup>2</sup>[sv.wikipedia.org/wiki/Palindrom](https://sv.wikipedia.org/wiki/Palindrom)

Implementera en ny variant av `isPalindrome` som använder denna metod. Skriv först algoritmen på papper i pseudo-kod.

**Uppgift 8.** *Algoritm: SEQ-REGISTER.* Algoritmer för registrering löser problemet att räkna förekomst av olika saker, till exempel antalet tärningskast som gav en sexa. Antag att vi har följande vektor `xs` som representerar 13 st tärningskast:

```
1 scala> val xs = Vector(5, 3, 1, 6, 1, 3, 5, 1, 1, 6, 3, 2, 6)
```

- a) Använd metoderna `filter` och `size` på `xs` för att filtrera ut alla 6:or och räkna hur många de är.
- b) Använd metoderna `filter` och `size` på `xs` för att filtrera ut alla jämna kast och räkna hur många de är.
- c) Metoden `groupBy` på en samling tar en funktion `f` som parameter och skapar en ny `Map` med nycklar `k` som är associerade till samlingar som utgör grupper av värden där  $f(x) == k$ . Vad händer här:

```
1 scala> xs.groupBy(x => x % 2)
2 scala> xs.groupBy(_ % 2)
3 scala> xs.groupBy(_ % 3)
4 scala> xs.groupBy(_ % 3).foreach(println)
5 scala> val freqEvenOdd = xs.groupBy(_ % 2).map(p => (p._1, p._2.size))
6 scala> val nEven = freqEvenOdd(0)
7 scala> val nOdd = freqEvenOdd(1)
```

- d) Använd metoden `groupBy` på `xs` med den s.k. identitetsfunktionen `i => i` som returnerar sitt eget argument. Vad händer?
- e) Definiera en `val freq: Map[Int, Int]` som räknar antalet olika tärningsutfall i `xs`. Använd metoden `groupBy` på `xs` med identitetsfunktionen följt av en `map` med funktionen `p => (p._1, p._2.size)`.
- f) Du ska nu själv implementera en registreringsalgoritm. Skriv en funktion:

```
def tärningsRegistrering(xs: Array[Int]): Array[Int] = ???
```

som implementerar nedan algoritm (som alltså inte använder `groupBy` eller andra färdiga metoder på samlingar förutom `size` och `apply`).

**Indata** : En array  $xs$  med heltal mellan 1 och 6 som representerar utfall av många tärningskast.

**Resultat**: En array  $f$  med 7 st element där  $f(0)$  innehåller totala antalet kast,  $f(1)$  anger antalet ettor,  $f(2)$  antalet tvåor, etc. till och med  $f(6)$  som anger antalet sexor.

```

1  $f \leftarrow$  en ny array med 7 element där alla element initialiseras till 0.
2  $f(0) \leftarrow$  antalet element i  $xs$ 
3  $i \leftarrow 0$ 
4 while  $i < f(0)$  do
5    $f(xs(i)) \leftarrow f(xs(i)) + 1$ 
6    $i \leftarrow i + 1$ 
7 end
8 return  $f$ 

```

Testa din funktion med nedan funktionsanrop:

```

1 scala> tärningsRegistrering(Array.fill(1000)((math.random * 6).toInt + 1))
2 res12: Array[Int] = Array(1000, 174, 174, 167, 171, 145, 169)

```

**Uppgift 9.** *Algoritm: SEQ-REMOVE-COPY.* Ibland vill man kopiera alla element till en ny Array utom ett element på en viss plats  $pos$ .

-  a) Skriv algoritmen SEQ-REMOVE-COPY i pseudokod med penna på papper.
- b) Implementera algoritmen SEQ-REMOVE-COPY i en funktion med denna signatur:

```
def removeCopy(xs: Array[Int], pos: Int): Array[Int]
```

**Uppgift 10.** *Algoritm: SEQ-REMOVE.* Ibland vill man ta bort ett element på en viss position i en befintlig Array utan att kopiera alla element till en ny Array. Ett sätt att göra detta är att flytta alla efterföljande element ett steg mot lägre index och låta sista platsen bli 0.

-  a) Skriv algoritmen SEQ-REMOVE i pseudokod med penna på papper.
- b) Implementera algoritmen SEQ-REMOVE i en funktion med denna signatur:

```
def remove(xs: Array[Int], pos: Int): Unit
```

**Uppgift 11.** *Deterministiska pseudoslumptalssekvenser med `java.util.Random`.* Klassen `java.util.Random` ger möjlighet att generera en sekvens av tal som verkar slumpmässiga. Genom att välja ett visst s.k. **frö** (eng. *seed*) kan man få samma sekvens av pseudoslumptal varje gång.

-  a) Sök upp och studera dokumentationen för `java.util.Random`. Hur skapar man en ny instans av klassen `Random`? Vad gör operationen `nextInt` på `Random`?

objekt.

b) Förklara vad som händer nedan?

```

1 scala> import java.util.Random
2 scala> val frö = 42L
3 scala> val rnd = new Random(frö)
4 scala> rnd.nextInt(10)
5 scala> (1 to 100).foreach(_ => print(rnd.nextInt(10)))
6 scala> val rnd1 = new Random(frö)
7 scala> val rnd2 = new Random(frö)
8 scala> val rnd3 = new Random(System.nanoTime)
9 scala> val rnd4 = new Random((math.random * Long.MaxValue).toLong)
10 scala> def flip(r: Random) = if (r.nextInt(2) > 0) "krona" else "klave"
11 scala> val xs = (1 to 100).map{i =>
12   (flip(rnd1), flip(rnd2), flip(rnd3), flip(rnd4))}
13 scala> xs foreach println
14 scala> xs.exists(q => q._1 != q._2)
15 scala> xs.exists(q => q._1 != q._3)

```

c) Nämn några sammanhang då det är användbart att kunna bestämma fröet till en slumpvalssekvens. 

d) Blir det samma sekvens om du använder fröet 42L som argument till konstruktorn vid skapandet av en instans av `java.util.Random` på en *annan* dator?

e) Sök reda på dokumentationen för `java.math.random` och undersök hur denna sekvens skapas.

f) Vad blir det för frö till slumpvalssekvensen om man skapar ett `Random`-objekt med hjälp av konstruktorn utan parameter?

**Uppgift 12.** Undersök om tärningskast är rektangelfördelade.<sup>3</sup>

Skriv en funktion `def testRandom(r: Random, n: Int): Unit = ???` som ger följande utskrift:

```

1 scala> val rnd = new Random(42L)
2 scala> testRandom(rnd, 1000)
3 Antal kast: 1000
4 Antal 1:or: 178
5 Antal 2:or: 187
6 Antal 3:or: 167
7 Antal 4:or: 148
8 Antal 5:or: 155
9 Antal 6:or: 165

```

*Tips:* Anropa din funktion `tärningsRegistrering` från uppgift 8.

**Uppgift 13.** Array och *for*-sats i Java.

<sup>3</sup>För ett rektangelfördelat slumpvärde gäller att om man drar (nästan oändligt många) slumpvärden så blir det (nästan) lika många av varje möjligt värde. Om man ritat en sådan fördelning i ett koordinatsystem med antalet utfall på y-axeln och de olika värdena på x-axeln, så blir bilden rektangelformad. Du får lära dig mer om sannolikhetsfördelningar i kommande kurser i matematisk statistik.



a) Skriv nedan program i en editor och spara i filen DiceReg.java:

```
// DiceReg.java
import java.util.Random;

public class DiceReg {
    public static void main(String[] args) {
        int[] diceReg = new int[6];
        int n = 100;
        Random rnd = new Random();
        if (args.length > 0) {
            n = Integer.parseInt(args[0]);
        }
        System.out.print("Rolling the dice " + n + " times");
        if (args.length > 1) {
            int seed = Integer.parseInt(args[1]);
            rnd.setSeed(seed);
            System.out.print(" with seed " + seed);
        }
        System.out.println(".");
        for (int i = 0; i < n; i++) {
            int pips = rnd.nextInt(6);
            diceReg[pips]++;
        }
        for (int i = 1; i <= 6; i++) {
            System.out.println("Number of " + i + "'s: " +
                               diceReg[i-1]);
        }
    }
}
```

b) Kompilera med `javac DiceReg.java` och kör med `java DiceReg 10000 42` och förklara vad som händer.



c) Beskriv skillnaderna mellan Scala och Java, vad gäller syntaxen för array och **for**-sats. Beskriv några andra skillnader mellan språken som syns i programmet ovan.

d) Ändra i programmet ovan så att loop-variabeln `i` skrivs ut i varje runda i varje **for**-sats. Kompilera om och kör.

e) Skriv om programmet ovan genom att abstrahera huvudprogrammets delar till de statiska metoderna `parseArguments`, `registerPips` och `printReg` enligt nedan skelett. Notera speciellt hur **private** och **public** är angivet. Spara programmet i filen `DiceReg2.java` och kompilera med `javac DiceReg2.java` i terminalen.

```
// DiceReg2.java
import java.util.Random;
```

```

public class DiceReg2 {
    public static int[] diceReg = new int[6];
    private static Random rnd = new Random();

    public static int parseArguments(String[] args) {
        // ???
        return n;
    }

    public static void registerPips(int n){
        // ???
    }

    public static void printReg() {
        // ???
    }

    public static void main(String[] args) {
        int n = parseArguments(args);
        registerPips(n);
        printReg();
    }
}

```

f) Starta Scala REPL i samma bibliotek som filen `DiceReg2.class` ligger i och kör nedan satser och förklara vad som händer:

```

1 scala> DiceReg2.main(Array("1000", "42"))
2 scala> DiceReg2.diceReg
3 scala> DiceReg2.registerPips(1000)
4 scala> DiceReg2.printReg
5 scala> DiceReg2.registerPips(1000)
6 scala> DiceReg2.printReg
7 scala> DiceReg2.rnd

```

g) Växla synligheten på attributen mellan **private** och **public**, kompilera om och studera effekten i Scala REPL. Hur lyder felmeddelandet om du försöker komma åt en privat medlem?

h) Ange en viktig anledning till att man kan vilja göra medlemmar privata. 

**Uppgift 14.** Läs in tal med `java.util.Scanner`. Med `new Scanner(System.in)` skapas ett objekt som kan läsa in tal som användaren skriver i terminalfönstret.

a) Sök upp och studera dokumentationen för `java.util.Scanner`. Vad gör metoderna `hasNextInt()` och `nextInt()`?

b) Skriv nedan program i en editor och spara i filen `DiceScanBuggy.java`:

```
// DiceScanBuggy.java
```

```
import java.util.Random;
import java.util.Scanner;

public class DiceScanBuggy {
    public static int[] diceReg = new int[6];
    public static Scanner scan = new Scanner(System.in);

    public static void registerPips(){
        System.out.println("Enter pips separated by blanks.");
        System.out.println("End with -1 and <Enter>.");
        boolean isPips = true;
        while (isPips && scan.hasNextInt()) {
            int pips = scan.nextInt();
            if (pips >= 1 && pips <=6 ) {
                diceReg[pips]++;
            } else {
                isPips = false;
            }
        }
    }

    public static void printReg() {
        for (int i = 0; i < 6; i++) {
            System.out.println("Number of " + i + "'s: " +
                               diceReg[i-1]);
        }
    }

    public static void main(String[] args) {
        registerPips();
        printReg();
    }
}
```

c) Kompilera och kör med indatasekvensen 1 2 3 4 -1 och notera hur registreringen sker.

d) Programmet fungerar inte som det ska. Du behöver korrigera 3 saker för att programmet ska göra rätt. Rätta buggarna och spara det rättade programmet som DiceScan.java. Kompilera och testa att det rättade programmet fungerar med olika indata.



**Uppgift 15.** Välja sekvenssamling. Vilken av Vector, Array och ArrayBuffer hade du valt i dessa situationer?

a) Ditt program innehåller en sekvens av objekt med data om alla ca  $10^7$  medborgare i Sverige. Efter noggranna mätningar visar det sig att tillägg av objekt på godtyckliga ställen i sekvensen är en flaskhals.

- b) Ditt program innehåller en sekvens av objekt med data om ca  $10^2$  **residensstäder** i Sverige. Senast det skedde en uppdatering av mängden referensstäder var 1997. Prestandamätningar visar att det är uppdatering av attributvärden i objekten som tar mest tid. Städerna behöver kunna bearbetas i godtycklig ordning.
- c) Ditt program innehåller en sekvens av ca  $10^9$  osorterade heltal som ska läsas in från fil och sorteras på plats i minnet. Det första talet i filen anger antalet heltal. Det är viktigt att sorteringen går snabbt. När talen är sorterade ska de skrivas tillbaka till fil i sorterad ordning.
- d) Ditt program innehåller en sekvens av ett känt antal oföränderliga objekt med data om genomförda banktransaktioner. Sekvensen ska bearbetas parallellt i godtycklig ordning med olika algoritmer som kan köras oberoende av varandra.

## 5.6.2 Extrauppgifter

### Uppgift 16. Algoritm: SEQ-INSERT-COPY.

<b>Indata</b>	: En sekvens $xs$ av typen <code>Array[Int]</code> och heltalen $x$ och $pos$
<b>Resultat</b>	: En ny sekvens av typen <code>Array[Int]</code> som är en kopia av $xs$ men där $x$ är infogat på plats $pos$
1	$n \leftarrow$ antalet element $xs$
2	$ys \leftarrow$ en ny <code>Array[Int]</code> med plats för $n + 1$ element
3	<b>for</b> $i \leftarrow 0$ <b>to</b> $pos - 1$ <b>do</b>
4	$ys(i) \leftarrow xs(i)$
5	<b>end</b>
6	$ys(pos) \leftarrow x$
7	<b>for</b> $i \leftarrow pos$ <b>to</b> $n - 1$ <b>do</b>
8	$ys(i + 1) \leftarrow xs(i)$
9	<b>end</b>
10	<b>return</b> $ys$

- a) Implementera ovan algoritm i en funktion med denna signatur:

```
def insertCopy(xs: Array[Int], x: Int, pos: Int): Array[Int]
```

- b) Vad måste  $pos$  vara för att det ska fungera med en tom array som argument?
- c) Vad händer om din funktion anropas med ett negativt argument för  $pos$ ?
- d) Vad händer om din funktion anropas med  $pos$  lika med  $xs.size$ ?
- e) Vad händer om din funktion anropas med  $pos$  större än  $xs.size$ ?

**Uppgift 17. Algoritm: SEQ-INSERT.** Man kan implementera algoritmen SEQ-INSERT på plats i en `Array[Int]` så att alla elementen efter  $pos$  flyttas fram ett steg och att sista elementet "försvinner".

- a) Skriv algoritment SEQ-INSERT i pseudokod med penna och papper.



b) Implementera SEQ-INSERT i en funktion med denna signatur:

```
def insert(xs: Array[Int], x: Int, pos: Int): Unit
```

**Uppgift 18.** Implementera funktionen `tärningsRegistrering` från uppgift 8 på nytt, men nu med en `for`-sats istället.

### 5.6.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 19.** Sök reda på dokumentationen för metoden `patch` på klassen `Array`.

a) Använd metoden `patch` för att implementera SEQ-INSERT-COPY:

```
def insertCopy(xs: Array[Int], x: Int, pos: Int): Array[Int] =  
  xs.patch(???, ???, ???)
```

b) Använd metoden `patch` för att implementera SEQ-REMOVE-COPY:

```
def removeCopy(xs: Array[Int], pos: Int): Array[Int] =  
  xs.patch(???, ???, ???)
```

**Uppgift 20.** Studera skillnader och likheter mellan

- a) `Array`
- b) `WrappedArray`
- c) `ArraySeq`

genom att läsa mer om dessa arrayvarianter här:

[docs.scala-lang.org/overviews/collections/concrete-mutable-collection-classes](https://docs.scala-lang.org/overviews/collections/concrete-mutable-collection-classes)

[docs.scala-lang.org/overviews/collections/arrays.html](https://docs.scala-lang.org/overviews/collections/arrays.html)

[stackoverflow.com/questions/5028551/scala-array-vs-arrayseq](https://stackoverflow.com/questions/5028551/scala-array-vs-arrayseq)

**Uppgift 21.** Studera vad metoden `java.util.Arrays.deepEquals` gör här:

[Arrays.html#deepEquals-java.lang.Object:A-java.lang.Object:A-](https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/Arrays.html#deepEquals-java.lang.Object:A-java.lang.Object:A-)

Vad skiljer ovan metod från metoden `java.util.Arrays.equals`?

**Uppgift 22.** **TODO!!!** Keno-dragningar under ett år -> Registrering...

**Uppgift 23.** Använda `jline` istället för `Scanner` i `REPL`. Om du använder `java.util.Scanner` i Scala `REPL` så ekas inte de tecken som skrivs, så som sker om du använder scannern med `System.in` i en kompilerad applikation. Om du vill se vad du skriver vid indata i `REPL` kan du använda `jline`<sup>4</sup> och klassen `jline.console.ConsoleReader`<sup>5</sup>. Då får du dessutom editeringsfunktioner vid inmatning med t.ex. `Ctrl+A` och `Ctrl+K` så som i en vanlig unixterminal. Med pil upp och pil ner kan du bläddra i inmatningshistoriken.

<sup>4</sup> [github.com/jline/jline2](https://github.com/jline/jline2)

<sup>5</sup> [jline.github.io/jline2/apidocs/reference/jline/console/ConsoleReader.html](https://jline.github.io/jline2/apidocs/reference/jline/console/ConsoleReader.html)

```

1 scala> val scan = new java.util.Scanner(System.in)
2 scala> scan.next
3 scala> scan.nextInt
4 scala> val cr = new jline.console.ConsoleReader
5 scala> cr.readLine
6 scala> cr.readLine("> ")
7 scala> cr.readLine("Ange tal: ").toInt
8 scala> scala.util.Try{cr.readLine("Ange tal: ").toInt}.toOption

```

a) Prova ovan rader i REPL. Vad händer om du matar in bokstäver i stället för siffror på sista raden ovan? (Mer om Option i kapitel 8).

b) Skriv ett funktion `readPalindromLoop` som låter användaren mata in strängar och som kollar om de är palindromer så som nedan REPL-körning indikerar. Skriv funktionen i en editor och klistra in den i REPL enligt nedan istället för ???

```

1 scala> val cr = new jline.console.ConsoleReader
2 scala> def isPalindrome(s: String): Boolean = s == s.reverse
3 scala> :paste
4 // Entering paste mode (ctrl-D to finish)
5
6 def readPalindromLoop: Unit = ???
7
8 // Exiting paste mode, now interpreting.
9
10 readPalindromLoop: Unit
11
12 scala> readPalindromLoop
13 Ange sträng följt av <Enter>
14 Programmet avslutas med tom sträng + <Enter>
15 > gurka
16 gurka är ingen palindrom
17 > dallassallad
18 dallassallad är en palindrom!
19 >
20 Tack och hej!
21 scala>

```

c) Skapa ett objekt med inläsningsstöd enligt nedan specifikation. Objektet ska delegera implementationerna till ett attribut **private val** `reader` som innehåller en referens till ett `ConsoleReader`-objekt.

#### Specification `termutil`

```

object termutil {
  /** Reads one line from terminal input. */
  def readLine: String = ???

  /** Prints prompt and reads one line. */
  def readLine(prompt: String): String = ???

  /** Reads one line and converts it to an Int.
    * If a non-integer is input, a NumberFormatException is thrown. */

```

```
def readInt: Int = ???

/** Prints prompt, reads one line and converts it to an Int.
 * If a non-integer is input, a NumberFormatException is thrown. */
def readInt(prompt: String): Int = ???

/** Reads one line and converts it to an Option[Int]
 * with Some integer or None if the input cannot be converted. */
def readIntOpt: Option[Int] = ???

/** Prints prompt, reads one line and converts it to an Option[Int]
 * with Some integer or None if the input cannot be converted. */
def readIntOpt(prompt: String): Option[Int] = ???
}
```

Biblioteket jline finns inbyggd i REPL men om du vill kompilera din kod separat kan du ladda ner jar-filen här: [repo1.maven.org/maven2/jline/jline/2.10/](https://repo1.maven.org/maven2/jline/jline/2.10/) eller så hittar du den bland dina Scala-installationsfiler och kan kopiera filen till dit du vill ha den. Placera jline-jar-filen i samma bibliotek som din kod, eller lägg den i ett biblioteket där du vill ha den och placera jarfilen på classpath med optionen -cp när du kompilerar ungefär så här:

```
scalac -cp "lib/jline-2.10.jar" termutil.scala
```

## 5.7 Laboration: shuffle

### Mål

- ☐ Kunna använda vektorer.
- ☐ Kunna använda SHUFFLE-algoritmen för blandning
- ☐ Kunna räkna frekvenser.

### Förberedelser

- ☐ Läs igenom så att du förstår SHUFFLE-algoritmen.

### 5.7.1 Bakgrund

Denna labb handlar om kortblandning. Att blanda kort så att varje möjlig permutation (ordning som korten ligger i) är lika sannolik är icke-trivialt; en osystematiskt blandning leder till en skev fördelning. Givet en bra slumpgenerator går det att blanda en kortlek genom att lägga alla kort i en hög och sedan ta ett slumpvist kort från högen och lägga det överst i leken, tills alla kort ligger i leken. Fisher-Yates-algoritmen, som ibland även kallas för en Knuth-shuffle, fungerar på det sättet. I detta kompendium kommer den att benämnas SHUFFLE.

**Indata:** Array  $xs$  som ska blandas

```
1  $len \leftarrow$  antalet element i  $xs$ 
2 for  $i \leftarrow (len - 1)$  to 0 do
3    $r \leftarrow$  slumpstal mellan 0 och  $i$ 
4    $temp \leftarrow xs(i)$ 
5    $xs(i) \leftarrow xs(r)$ 
6    $xs(r) \leftarrow temp$ 
7 end
```

Kortspelet poker handlar om att dra kort och få upp vissa kombinationer av kort, s.k. “händer”. Dessa är ordnade från bättre till sämre; den spelare vinner som fått bäst hand. Det är därför intressant att veta med vilken sannolikhet en viss hand dyker upp vid dragning från en blandad kortlek.

De vanliga pokerhänderna är, i fallande värde, färgstege (straight flush), fyrtal, kåk (full house), färg (flush), stege (straight), triss, tvåpar och par. Dessa finns illustrerade i labbhandledningen. Ofta finns ytterligare en hand, s.k. “royal flush”, men dess sannolikhet är för låg för att kunna simuleras fram på rimlig tid.

### 5.7.2 Obligatoriska uppgifter

#### Uppgift 1.

- a) Implementera metoden `shuffle` i klassen `CardDeck`. Följ algoritmen noga, och använd `cards.length` för att få fram längden på kortleken.



b) Kör `TestingDeck` för att testa att blandningen är jämnt fördelad. `TestingDeck` blandar en kortlek med tre kort och räknar hur ofta olika permutationer dyker upp. Du bör få en utskrift med sex (3!) ungefär lika långa staplar.

**Uppgift 2.** Fyll i de ofärdiga delarna av klassen `CardDeck`.

- Skriv kod för att skapa en array innehållande en 52-korts standardlek. Använd konstanterna i `Card`. Tänk på att en **for/yield**-sats inte nödvändigtvis ger en Array, men att alla samlingar kan omvandlas till en sådan med `toArray`.
- Kör `CardDeck` och kontrollera så att du får kort av alla fyra färger, och både ess och kungar.

**Uppgift 3.** Använd den färdiga `CardDeck`-klassen för att ta fram sannolikheterna för att "straight flush", "straight" eller "flush" dyker upp.

- Implementera funktionen `test` i `PokerProbability`. Använd de färdiga funktionerna `Hand.drawFrom` och `testHand` för att dra och klassificera en hand från en kortlek. Lagra frekvenserna i en muterbar Map (`collection.mutable.Map` finns redan importerad).
- Kör `PokerProbability`, förslagsvis med 1000 000 iterationer. Du bör få ungefär

Straight flush	0.00154%
Flush	0.197%
Straight	0.39%
High card	99.41%



Figur 5.1: Par - två kort har samma valör



Figur 5.2: Tvåpar - två olika par



Figur 5.3: Triss - tre kort har samma valör

### 5.7.3 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 4.** Implementera metoden `tally` i klassen `Hand` så att simuleringen även kan registrera kortkombinationerna fyrtal, kåk, triss, tvåpar och par. Kör sedan `PokerProbability` igen.



Figur 5.4: Stege - kortens valörer bildar en följd, ess kan vara antingen 1 eller 14



Figur 5.5: Färg - alla kort har samma färg



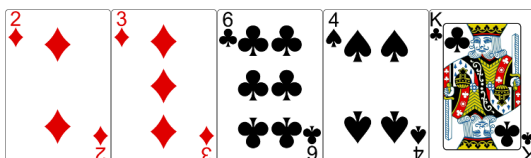
Figur 5.6: Kåk - både triss och par



Figur 5.7: Fyrtal - fyra kort har samma valör



Figur 5.8: Färgstege - både stege och färg



Figur 5.9: Högt kort - inget mönster finns

# Kapitel 6

## Klasser

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ objektorientering
- ☐ klass
- ☐ Point
- ☐ Square
- ☐ Complex
- ☐ new
- ☐ null
- ☐ this
- ☐ inkapsling
- ☐ accessregler
- ☐ private
- ☐ private[this]
- ☐ kompanjonsobjekt
- ☐ getters och setters
- ☐ klassparameter
- ☐ primär konstruktor
- ☐ objektfabriksmetod
- ☐ överlagring av metoder
- ☐ referenslikhet vs strukturlikhet
- ☐ eq vs ==

## 6.1 Vad är en klass?

- En mall för att skapa objekt.
- Objekt skapade med **new** Klassnamn kallas för **instanser** av klassen Klassnamn.
- En klass innehåller medlemmar (eng. *members*):
  - **attribut**, kallas även fält (eng. *field*): **val**, **lazy val**, **var**
  - **metoder**, kallas även operationer: **def**
- Varje instans har sin uppsättning värden på attributen (fälten).

## 6.2 Designexempel: Klassen Complex

TODO:

- Bygg upp **case class** Complex(re: Double, im: Double) steg för steg inspirerat av Pins3ed kap 6 i likhet med hur de gör med Rational
- Illustrera följande begrepp: this (behövs i max(that)), method overloading behövs för att plussa med både Complex och Double
- Till fördjupningsövning: dekorera Double med metoderna im och re samt (Double, Double) med metoden ir (för irrational) med implicit klass
- Till extrauppgift: implementera klassen Polar(r, fi) med polära koordinater [https://sv.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A4ra\\_koordinater](https://sv.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A4ra_koordinater)

## 6.3 Specifikationer av klasser i Scala

- Specifikationer av klasser innehåller information som *den som ska implementera* klassen behöver veta.
- Specifikationer innehåller liknande information som dokumentationen av klassen (scaladoc), som beskriver vad *användaren* av klassen behöver veta.

### Specification Person

```
/** Encapsulate immutable data about a Person: name and age. */
case class Person(name: String, age: Int = 0){
  /** Tests whether this Person is more than 17 years old. */
  def isAdult: Boolean = ???
}
```

- Specifikationer av Scala-klasser utgör i denna kurs ofullständig kod som kan kompileras utan fel.
- Saknade implementationer markeras med ???
- Kommentarer utgör krav på implementationen.

## 6.4 Specifikationer av klasser och objekt

### Specification MutablePerson

```

/** Encapsulates mutable data about a person. */
class MutablePerson(initName: String, initAge: Int){
  /** The name of the person. */
  def getName: String = ???

  /** Update the name of the Person */
  def setName(name: String): Unit = ???

  /** The age of this person. */
  def getAge: Int = ???

  /** Update the age of this Person */
  def setAge(age: Int): Unit = ???

  /** Tests whether this Person is more than 17 years old. */
  def isAdult: Boolean = ???

  /** A string representation of this Person, e.g.: Person(Robin, 25) */
  override def toString: String = ???
}

object MutablePerson {
  /** Creates a new MutablePerson with default age. */
  def apply(name: String): MutablePerson = ???
}

```

Man brukar inte använda get och set i metodnamn i Scala. Mer senare om principen om enhetlig access (eng. *uniform access principle*) och hur man gör "setters" som möjliggör tilldelningssyntax.

## 6.5 Specifikationer av Java-klasser

- Specificerar signaturer för konstruktörer och metoder.
- Kommentarer utgör krav på implementationen.
- Används flitigt på extensor i EDA016, EDA011, EDA017...
- Javaklass-specifikationerna behöver kompletteras med metodkroppar och klassrubriker innan de kan kompileras.

**class Person**

```
/** Skapar en person med namnet name och åldern age. */  
Person(String name, int age);  
  
/** Ger en sträng med denna persons namn. */  
String getName();  
  
/** Ändrar denna persons ålder. */  
void setAge(int age);  
  
/** Anger åldersgränsen för när man blir myndig. */  
static int adultLimit = 18;
```

## 6.6 Övning: classes

### Mål

- ☐ Kunna deklarerera klasser med klassparametrar.
- ☐ Kunna skapa objekt med **new** och konstruktorargument.
- ☐ Förstå innebörden av referensvariabler och värdet **null**.
- ☐ Förstå innebörden av begreppen instans och referenslikhet.
- ☐ Kunna använda nyckelordet **private** för att styra synlighet i primärkonstruktor.
- ☐ Förstå i vilka sammanhang man kan ha nytta av en privat konstruktor.
- ☐ Kunna implementera en klass utifrån en specikation.
- ☐ Förstå skillnaden mellan referenslikhet och strukturlikhet.
- ☐ Känna till hur case-klasser hanterar likhet.
- ☐ Förstå nyttan med att möjliggöra framtida förändring av attributrepresentation.
- ☐ Känna till begreppen getters och setters.
- ☐ Känna till accessregler för kompanjonsobjekt.
- ☐ Känna till skillnaden mellan `==` och `eq`, samt `!=` versus `ne`.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 6.

### 6.6.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** *Instansiering med **new** och värdet **null**.* Man skapar instanser av klasser med **new**. Då anropas konstruktorn och plats reserveras i datorns minne för objektet. Variabler av referenstyp som inte refererar till något objekt har värdet **null**.

a) Vad händer nedan? Vilka rader ger felmeddelande och i så fall hur lyder felmeddelandet?

```
1 scala> class Gurka(val vikt: Int)
2 scala> var g: Gurka = null
3 scala> g.vikt
4 scala> g = new Gurka(42)
5 scala> g.vikt
6 scala> g = null
7 scala> g.vikt
```



b) Rita minnessituationen efter raderna 2, 4, 6.

**Uppgift 2.** *Klasser och instanser.*

a) Vad händer nedan?

```
1 scala> :pa
2 class Arm(val ärTillVänster: Boolean)
3 class Ben(val ärTillVänster: Boolean)
```

```

4 class Huvud(val harHår: Boolean)
5 class RymdVarelse {
6     var arm1 = new Arm(true)
7     var arm2 = new Arm(false)
8     var ben1 = new Ben(true)
9     var ben2 = new Ben(false)
10    var huvud1 = new Huvud(false)
11    var huvud2 = new Huvud(true)
12    def ärSkallig = !huvud1.harHår && !huvud2.harHår
13 }
14 scala> val alien = new RymdVarelse
15 scala> alien.ärSkallig
16 scala> val predator = new RymdVarelse
17 scala> predator.ärSkallig
18 scala> predator.huvud2 = alien.huvud1
19 scala> predator.ärSkallig

```

b) Rita minnessituationen efter rad 18.

c) Vad händer så småningom med det ursprungliga huvud2-objektet i predator efter tilldelningen på rad 18? Går det att referera till detta objekt på något sätt?

**Uppgift 3.** *Synlighet i primärkonstruktörer.* Undersök nedan vad nyckelorden **val** och **private** får för konsekvenser. Förklara vad som händer. Vilka rader ger vilka felmeddelanden?

```

1 scala> class Gurka1(vikt: Int)
2 scala> new Gurka1(42).vikt
3 scala> class Gurka2(val vikt: Int)
4 scala> new Gurka2(42).vikt
5 scala> class Gurka3(private val vikt: Int)
6 scala> new Gurka3(42).vikt
7 scala> class Gurka4(private val vikt: Int, kompis: Gurka4){
8     def kompisVikt = kompis.vikt
9 }
10 scala> val ingenGurka: Gurka4 = null
11 scala> new Gurka4(42, ingenGurka).kompisVikt
12 scala> new Gurka4(42, new Gurka4(84, null)).kompisVikt
13 scala> class Gurka5(private[this] val vikt: Int, kompis: Gurka5){
14     def kompisVikt = kompis.vikt
15 }
16 scala> class Gurka6 private (vikt: Int)
17 scala> new Gurka6(42)
18 scala> :pa
19 class Gurka7 private (var vikt: Int)
20 object Gurka7 {
21     def apply(vikt: Int) = {
22         require(vikt >= 0, s"negativ vikt: $vikt")
23         new Gurka7(vikt)
24     }
25 }
26 scala> new Gurka7(-42)
27 scala> Gurka7(-42)
28 scala> val g = Gurka7(42)

```



```

29 scala> g.vikt
30 scala> g.vikt = -1
31 scala> g.vikt

```

#### Uppgift 4. Egendefinierad setter kombinerat med privat konstruktor.

a) Förklara vad som händer nedan. Vilka rader ger vilka felmeddelanden?

```

1  scala> :pa
2  class Gurka8 private (private var _vikt: Int) {
3      def vikt = _vikt
4      def vikt_(v: Int): Unit = {
5          require(v >= 0, s"negativ vikt: $v")
6          _vikt = v
7      }
8  }
9
10 object Gurka8 {
11     def apply(vikt: Int) = {
12         require(vikt >= 0, s"negativ vikt: $vikt")
13         new Gurka8(vikt)
14     }
15 }
16 scala> val g = Gurka8(-42)
17 scala> val g = Gurka8(42)
18 scala> g.vikt
19 scala> g.vikt = 0
20 scala> g.vikt = -1
21 scala> g.vikt += 42
22 scala> g.vikt -= 1000

```

 b) Vad är fördelen med möjligheten att skapa egendefinierade setters?

#### Uppgift 5. En oföränderlig kvadrat med alternativ fabriksmetod.

a) Implementera klassen Square enligt nedan specifikation. Gör implementationen i en kodeditor, så som gedit, och klistra in klassen i Scala REPL efter kommandot `:pa` (förkortning av `:paste`). På så sätt blir **object** Square ett kompanjonsobjekt till **class** Square.

##### Specification Square

```

/** A class representing a square object with position and side. */
class Square(val x: Int, val y: Int, val side: Int) {
    /** The area of this Square */
    val area: Int = ???

    /** Creates a new Square moved to position (x + dx, y + dy) */
    def move(dx: Int, dy: Int): Square = ???

    /** Tests if this Square has equal size as that Square */
    def isEqualSizeAs(that: Square): Boolean = ???

    /** Multiplies the side with factor and rounded to nearest integer */
    def scale(factor: Double): Square = ???

```

```

    /** A string representation of this Square */
    override def toString: String = ???
}

object Square {
    /** A square placed in origin with size 1 */
    val unit: Square = ???

    /** Constructs a new Square object at (x, y) with size side */
    def apply(x: Int, y: Int, side: Int): Square = ???

    /** Constructs a new Square object at (0, 0) with side 1 */
    def apply(): Square = ???
}

```

b) Testa din kvadrat enligt nedan. Förklara vad som händer.

```

1 scala> val (s1, s2) = (Square(), Square(1, 10, 1))
2 scala> val s3 = s1.move(1, -5)
3 scala> s1 isEqualSizeAs s3
4 scala> s2 isEqualSizeAs s1
5 scala> s1 isEqualSizeAs Square.unit
6 scala> s2.scale(math.Pi) isEqualSizeAs s2
7 scala> s2.scale(math.Pi) isEqualSizeAs s2.scale(math.Pi)

```

**Uppgift 6.** *Referenslikhet versus strukturlikhet.* Metoden == på case-klasser ger **strukturlikhet** (även kallad innehållslikhet) så att *innehållet* i klassens klassparametrar jämförs om de har lika värde, medan för vanliga klasser ger metoden == **referenslikhet** där olika objekt är olika även om de har samma innehåll (om man inte överskuggar metoden equals som anropas av == vilket vi ska titta närmare på i kapitel 8).

```

1 scala> class GurkaRef(val vikt: Int)
2 scala> case class GurkaStrukt(val vikt: Int)
3 scala> val a = new GurkaRef(42)
4 scala> val b = new GurkaRef(42)
5 scala> val c = new GurkaStrukt(42)
6 scala> val d = new GurkaStrukt(42)
7 scala> a == b
8 scala> c == d

```

a) Förklara vad som händer ovan.

b) Istället för ==, prova metoden eq på objekten ovan. Metoden eq ger alltid referenslikhet (även om byter ut metoden equals).

**Uppgift 7.** *Klassen Point med case-klass.*

a) Implementera klassen Point som en oföränderlig case-klass med heltalssattributen x och y.

b) Lägg till metoden distanceTo(that: Point): Double som räknar ut avståndet till en annan punkt med hjälp av math.hypot.

- c) Lägg till metoden `distanceTo(x: Int, y: Int): Double` som räknar ut avståndet till koordinaterna `x` och `y` med hjälp av metoden i föregående deluppgift.
- d) Lägg till metoden `move(dx: Int, dy: Int): Point` som skapar en ny punkt på translaterad position enligt delta-koordinaterna `dx` och `dy`.
- e) Lägg till ett kompanjonsobjekt med medlemmen **val** `origin` som ger en punkt i origo.
- f) Undersök metoderna `==`, `!=`, `eq` och `ne` och förklara vad som händer nedan:

```

1 scala> Point(1, 2) == Point(1, 3)
2 scala> Point(1, 2) != Point(1, 3)
3 scala> Point(1, 2) == Point(1, 2)
4 scala> Point(1, 2) != Point(1, 2)
5 scala> Point.origin.move(1, 1) == Point.origin.move(1, 1)
6 scala> Point.origin.move(1, 1).move(1, 1) != Point(2, 2)
7 scala> Point(0, 0) eq Point(0, 0)
8 scala> Point(0, 0) ne Point(0, 0)
9 scala> Point.origin eq Point.origin
10 scala> Point.origin ne Point.origin
11 scala> val p1 = Point(0, 0)
12 scala> val p2 = p1
13 scala> p1 eq p2

```

- g) Vad ger `Point.origin eq Point.origin` för resultat om `origin` istället implementeras som **def** `origin: Point = Point(0, 0)`



- h) Vad är det för skillnad på strukturlikhet och referenslikhet?

```

// kod till facit
case class Point(x: Int, y: Int) {
  def distanceTo(that: Point): Double = math.hypot(that.x - x, that.y - y)

  def distanceTo(x: Int, y: Int): Double = distanceTo(Point(x, y))

  def move(dx: Int, dy: Int): Point = Point(x + dx, y + dy)
}

object Point {
  val origin: Point = new Point(0, 0)
}

```

**Uppgift 8.** Ändra representationen av positionen i klassen `Square` från deluppgift 5 till att vara en `Point` från deluppgift 7.

**Uppgift 9.** *Case-klassen `Point` med 2-tupel.* I ett utvecklingsprojekt vill man ändra representationen av positionen i den gamla klassen

**case class** `Point(x: Int, y: Int)` så att positionen istället i den uppdaterade klassen representeras av en 2-tupel. Man kan då vid konstruktion utnyttja att n-tupler som parameter även kan skrivas som en parameterlista med `n` argument, varför både `Point(1,2)` och `Point((1,2))` fungerar fint. Samtidigt vill man att befintlig kod som fortfarande använder `x` och `y` ska

fungera utan ändringar. Implementera den nya Point enligt specifikationen nedan.

#### Specification Point

```
/** A 2-dimensional immutable position p in an integer coordinate system */
case class Point(p:(Int, Int)) {
  /** The x-axis position of this Point */
  val x: Int = ???

  /** The y-axis position of this Point */
  val y: Int = ???

  /** The distance to another Point that */
  def distanceTo(that: Point): Double = ???

  /** The distance to another 2-tuple that representing (x, y). */
  def distanceTo(that: (Int, Int)): Double = ???

  /** A new Point that is moved (dx, dy) */
  def move(dx: Int, dy: Int): Point = ???
}

object Point {
  /** A Point object at position (0, 0) */
  val origin: Point = ???
}
```

```
// kod till facit
case class Point(p:(Int,Int)) {
  val x: Int = p._1

  val y: Int = p._2

  def distanceTo(that: Point): Double =
    math.hypot(that.x - x, that.y - y)

  def distanceTo(that: (Int, Int)): Double =
    distanceTo(Point(that))

  def move(dx: Int, dy: Int): Point = Point(x + dx, y + dy)
}

object Point {
  val origin: Point = new Point(0, 0)
}
```

**Uppgift 10.** Vad behöver du ändra i klassen Square från uppgift 5 för att den ska fungera med en Point med 2-tupel från uppgift 9? 

**Uppgift 11.** Objekt med föränderligt tillstånd (eng. *mutable state*). Du ska implementera en modell av en hoppande groda som uppfyller följande krav:

1. Varje grodobjekt ska hålla reda på var den är.
2. Varje grodobjekt ska hålla reda på hur långt grodan hoppat totalt.

3. Varje grodobjekt ska kunna beräkna hur långt det är mellan grodans nuvarande position och utgångsläget.
4. Alla grodor börjar sitt hoppande i origo.
5. En groda kan hoppa enligt två metoder:
  - relativ förflyttning enligt parametrarna  $dx$  och  $dy$ ,
  - slumpmässig förflyttning  $[1, 10]$  i  $x$ -led och  $[1, 10]$  i  $y$ -led.

a) Implementera klassen `Frog` enligt nedan specifikation och ovan krav.

*Tips:*

- Om namnet man vill ge ett privat föränderligt attribut "krockar" med ett metodnamn, är det vanligt att man börjar attributets namn med understreck, t.ex. `private var _x` för att på så sätt undkomma namnkonflikten.
- Inför en metod i taget och klistra in den nya grodan i REPL efter varje utvidgning och testa.

#### Specification `Frog`

```
class Frog private (initX: Int = 0, initY: Int = 0) {
  def jump(dx: Int, dy: Int): Unit = ???
  def x: Int = ???
  def y: Int = ???
  def randomJump: Unit = ???
  def distanceToStart: Double = ???
  def distanceJumped: Double = ???
  def distanceTo(that: Frog): Double = ???
}
object Frog {
  def spawn(): Frog = ???
}
```

b) Skriv ett testhuvudprogram som kontrollerar så att alla krav är uppfyllda och att alla metoder fungerar som de ska.

 c) Vad kallas en metod som enbart returnerar värdet av ett privat attribut?

 d) Hur kan man från en metods signatur få en ledtråd om att ett objekt har föränderligt tillstånd (eng. *mutable state*)?

e) Inför setters för attributen som håller reda på  $x$ - och  $y$ -positionen. Förändringar av positionen i  $x$ - eller  $y$ -led ska räknas som ett hopp och alltså registreras i det attribut som håller reda på det ackumulerade hoppavståndet.

f) Simulera ett massivt grodhoppande med krockdetektering genom att skapa 1000 grodor som till att börja med är placerade på  $x$ -axeln med avståndet 1.0 längdenheter mellan sig. Låt grodorna i en `while`-sats hoppa slumpmässigt tills någon groda befinner sig närmare än 0.5 längdenheter som är definitionen på att de har krockat. Räkna hur många looprundor som behövs innan något grodpar krockar och skriv ut antalet.

*Tips:* Börja med pseudokod på papper. Använd en grodvektor.

**TODO!!!** Kolla så att det är lagom med 1000 stycken och 1.0 i uppgiften ovan.

## 6.6.2 Extrauppgifter

**Uppgift 12.** En kvadratklass med föränderligt tillstånd (eng. *mutable state*). Webbshoppen UberSquare säljer flyttbara kvadrater. I affärsmodellen ingår att ta betalt per förflyttning. Du ska hjälpa UberSquare med att utveckla en enkel systemprototyp.

a) Implementera Square enligt nedan specifikation, under uppfyllandet av följande krav:

1. Till skillnad från uppgift 5 ska du nu göra en kvadrat med föränderligt tillstånd (eng. *mutable state*). I stället för att vid förflyttning returnera ett nytt kvadratobjekt, returneras Unit i samband med att privata attribut uppdateras.
2. Du ska införa funktionalitet som räknar antalet förflyttningar som gjorts för varje kvadrat som skapats och även räkna ut det totala antalet förflyttningar som någonsin gjorts.
3. Varje gång förflyttning sker adderas en kostnad till den ackumulerade kostnaden för respektive kvadrat. Kostnaden för varje förflyttning är avståndet till ursprungsläget multiplicerat med storleken på kvadraten.

### Specification Square

```
/** A mutable and expensive Square. */
class Square private (val initX: Int, val initY: Int, val initSide: Int) {

  private var nMoves = 0;
  private var sumCost = 0.0;
  private var _x = initX;
  private var _y = initY;
  private var _side = initSide;

  private def addCost: Unit = {
    sumCost += ???
  }

  /** The current position on the x axis */
  def x: Int = ???

  /** The current position on the y axis */
  def y: Int = ???

  /** The size of this Square */
  def side = ???

  /** Scales the side of this square and rounds it to nearest integer */
  def scale(factor: Double): Unit = ???

  /** Moves this square to position (x + xd, y + dy) */
  def move(dx: Int, dy: Int): Unit = ???

  /** Moves this square to position (x, y) */
  def moveTo(x: Int, y: Int): Unit = ???
```

```

/** The accumulated cost of this Square */
def cost: Double = ???

/** Reset the cost of this Square */
def pay: Unit = ???

/** A string representation of this Square */
override def toString: String =
  s"Square[($x, $y), side: $side, #moves: $nMoves times, cost: $sumCost]"
}

object Square {
  private var created = Vector[Square]()

  /** Constructs a new Square object at (x, y) with size side */
  def apply(x: Int, y: Int, side: Int): Square = {
    require(side >= 0, s"side must be positive: $side")
    ???
  }

  /** Constructs a new Square object at (0, 0) with side 1 */
  def apply(): Square = apply(0, 0, 1)

  /** The total number of moves that have been made for all squares. */
  def totalNumberOfMoves: Int = ???

  /** The total cost of all squares. */
  def totalCost: Double = ???
}

```

b) Testa din kvadratprototyp i REPL enligt nedan:

```

1 scala> val xs = Vector.fill(10)(Square())
2 scala> xs.foreach(_.move(2,3))
3 scala> xs.foreach(_.scale(2.9))
4 scala> val (m, c) = (Square.totalNumberOfMoves, Square.totalCost)
5 m: Int = 10
6 c: Double = 36.055512754639885

```

```

// Kod till facit
/** A mutable and expensive Square. */
class Square private (val initX: Int, val initY: Int, val initSide: Int) {

  private var nMoves = 0;
  private var sumCost = 0.0;
  private var _x = initX;
  private var _y = initY;
  private var _side = initSide;

  private def addCost: Unit = {
    sumCost += math.hypot(x - initX, y - initY) * side
  }

  /** The current position on the x axis */
  def x: Int = _x

```

```

/** The current position on the y axis */
def y: Int = _y

/** The size of the side */
def side = _side

/** Scales the size of this square and rounds it to nearest integer */
def scale(factor: Double): Unit = { _side = (_side * factor).round.toInt }

/** Moves this square to position (x + xd, y + dy) */
def move(dx: Int, dy: Int): Unit = {
  _x += dx; _y += dy;
  nMoves += 1
  addCost
}

/** Moves this square to position (x, y) */
def moveTo(x: Int, y: Int): Unit = {
  _x = x; _y = y;
  nMoves += 1
  addCost
}

/** The accumulated cost of this Square */
def cost: Double = sumCost

/** Reset the cost of this Square */
def pay: Unit = {sumCost = 0}

/** A string representation of this Square */
override def toString: String =
  s"Square[($x, $y), side: $side, #moves: $nMoves times, cost: $sumCost]"
}

object Square {
  private var created = Vector[Square]()

  /** Constructs a new Square object at (x, y) with size side */
  def apply(x: Int, y: Int, side: Int): Square = {
    require(side >= 0, s"side must be positive: $side")
    val sq = (new Square(x, y, side))
    created := sq
    sq
  }

  /** Constructs a new Square object at (0, 0) with side 1 */
  def apply(): Square = apply(0, 0, 1)

  /** The total number of moves that have been made for all squares. */
  def totalNumberOfMoves: Int = created.map(_._nMoves).sum

  /** The total cost of all squares. */
  def totalCost: Double = created.map(_._cost).sum
}

```



### 6.6.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 13.** *Hjälpkonstruktor.* I uppgift 5 erbjöds ett alternativt sätt att skapa Square med en extra fabriksmetod med namnet `apply` i kompanjonsobjektet. Ett annat sätt att göras detta på, som i Scala är mindre vanligt (men i Java är desto vanligare), är att definiera flera konstruktorer innuti klassen. I Scala kallas en sådan extra konstruktor för **hjälpkonstruktor** (eng. *auxiliary constructor*).

En hjälpkonstruktor skapar man i Scala genom att definiera en metod som har det speciella namnet **this**, alltså en deklaration `def this(...) = ...`. Hjälpkonstruktorer måste börja med att anropa en annan konstruktor, antingen den primära konstruktorn eller en tidigare definierad hjälpkonstruktor.

a) **TODO!!!**

**Uppgift 14.** **TODO!!!**

**class** Rational **private** (numerator: BigInt, denominator: BigInt)

Ungefär som Rational i pins1ed med GCD

## 6.7 Laboration: turtlegraphics

### Mål

- ☐ Kunna skapa egna klasser.
- ☐ Förstå skillnaden mellan klasser och objekt.
- ☐ Förstå skillnaden mellan muterbara och omuterbara objekt.
- ☐ Känna till och kunna skapa egna equals-metoder.
- ☐ Förstå hur ett objekt kan innehålla referenser till objekt av andra klasser, och varför detta kan vara användbart.
- ☐ Träna på att fatta beslut om vilka datatyper som bäst passar en viss tillämpning.

### Förberedelser

- ☐ Klasser.
- ☐ Muterbarhet.
- ☐ Abstraktion

### 6.7.1 Bakgrund

Under den här laborationen ska du skriva en samling av klasser som tillsammans kan användas för att rita i en fönsterruta. För att ge dig en grund att stå på får du tillgång till den färdigskrivna klassen SimpleWindow. SimpleWindow är en fönsterruta som tillåter programmeraren att rita linjer med hjälp utav en "penna". SimpleWindow håller koll på pennans nuvarande position och kan ombes att flytta pennan genom att antingen lyfta den eller genom att rita en rak linje till en ny position.

```
class SimpleWindow
```

```
/** mouse click event type */
public final static int MOUSE_EVENT = 1;

/** key pressed event type */
public final static int KEY_EVENT = 2;

/** window closed event type */
public final static int CLOSE_EVENT = 3;

/** Creates a window and makes it visible. */
public SimpleWindow(int width, int height, String title);

/** Returns the width of the window. */
public int getWidth();

/** Returns the height of the window. */
public int getHeight();

/** Clears the window. */
public void clear();
```

```
/** Closes the window.*/
public void close();

/** Opens the window. */
public void open();

/** Moves the pen to a new position. */
public void moveTo(int x, int y) ;

/** Moves the pen to a new position while drawing a line. */
public void lineTo(int x, int y);

/** Writes a string at the current position.* /
public void writeText(String txt);

/** Draws a bitmap image at the current position.*/
public void drawImage(Image image);

/** Returns the pen's x coordinate. */
public int getX();

/** Returns the pen's y coordinate. */
public int getY();

/** Sets the line width. */
public void setLineWidth(int width);

/** Sets the line color. */
public void setLineColor(Color col);

/**Returns the current line width. */
public int getLineWidth();

/** Returns the current line color. */
public Color getLineColor();

/** Waits for a mouse click. */
public void waitForMouseClicked();

/** Returns the mouse x coordinate at the last mouse click. */
public int getMouseX();

/** Returns the mouse y coordinate at the last mouse click. */
public int getMouseY();

/**Adds a sprite to the window. */
public void addSprite(Sprite sprite);

/** Wait for a specified time. */
public static void delay(int ms);
```

Med hjälp utav SimpleWindow kan vi nu skapa en Turtle-klass som fungerar likt den i Kojo.

## 6.7.2 Obligatoriska uppgifter

**Uppgift 1.** Skapa en klass Point för att beskriva en viss koordinat (x,y) i ett fönster. Klassen ska vara omuterbar - man ska alltså inte kunna ändra på en koordinat efter att den har skapats.

### Specification Point

```
/** Represents a single Point in the x,y plane. */
case class Point(val x: _, val y: _) {

  /** Returns a new Point which has been moved some number of pixels */
  def translate(dx: _, dy: _) = ???
}
```

- Hur borde specifikationen för Point se ut? Vilka typer bör attributen ha?
- Implementera klassen Point.

**Uppgift 2.** Skapa en klass Turtle enligt följande specifikation:

### Specification Turtle

```
/**
 * A Kojo-like Turtle class that can be used to draw shapes
 * in a SimpleWindow.
 * @param window The window the turtle should be placed in.
 * @param position A Point representing the turtle's starting
 * coordinates.
 * @param angle The angle between the turtle direction and
 * the X-axis measured in degrees.
 * @param isPenDown A boolean representing the turtle's pen
 * position. True if the pen is down.
 */
class Turtle(window: SimpleWindow, private var position: Point,
             private var angle: Double, private var isPenDown: Boolean) {

  /** Gets the Turtle's current pixel position on the x axis */
  def x: Int = ???

  /** Gets the Turtle's current pixel position on the y axis
   * (measured from the top left) */
  def y: Int = ???

  /**
   * Moves the turtle to a new position without drawing a line.
   */
  def jumpTo(newPosition: Point) : Unit = ???

  /**
   * Moves the turtle forward in its current direction, drawing
   * a line if the pen is down.
   * @param length The number of pixels to move forward.
   */
  def forward(length: Double): Unit = ???
```

```

/**
 * Turns the turtle to the right.
 *
 * @param turnAngle The number of degrees to turn.
 */
def turnLeft(turnAngle: Double): Unit = ???

/**
 * Turns the turtle to the left.
 *
 * @param turnAngle The number of degrees to turn.
 */
def turnRight(turnAngle: Double): Unit = ???

/**
 * Turns the turtle straight up.
 */
def turnNorth(): Unit = ???

/**
 * Sets the turtle's pen down, causing it to draw lines when
 * the turtle moves.
 */
def penDown(): Unit = ???

/**
 * Lifts the turtle's pen, preventing it from drawing lines,
 * even when it moves.
 */
def penUp(): Unit = ???
}

```

- Implementera klassen Turtle.
- Svara på följande frågor om Turtle: Vilka attribut finns i klassen, och vilken synlighetsnivå har de? Vilken/vilka konstruktörer finns?
- Är klassen muterbar eller omuterbar? Motivera! Hade man kunnat göra tvärtom?
- Just nu behöver användaren av en Turtle specificera alla detaljer om en Turtles ursprungliga tillstånd som parametervärden för att skapa den. För att underlätta för användaren ska du nu skapa en alternativ konstruktor som kräver färre parametrar. Vilka konstruktorparametrar skulle kunna bytas ut mot rimliga default-värden?
- Använd din Turtle för att rita en cirkel. För att göra detta kan du t.ex. låta din Turtle gå ett kort steg och svänga någon grad tills den har gjort ett fullt varv.
- Skapa två stycken Turtles i samma fönsterobjekt som rör sig alternerande. Fungerar allt som tänkt?

**Tips:**

- SimpleWindow har sitt origo i övre vänstra hörnet, till skillnad från det nedre vänstra hörnet som är vanligt inom matematik.

- Om din cirkel inte blev som förväntad, fundera på din implementation av Point. Var förekommer avrundningar?

### Uppgift 3. Implementera klassen Rectangle.

#### Specification Rectangle

```
/** Immutable class representing a rectangle.
 * @param position a Point representing the upper left corner of the
 *                 rectangle (before rotation)
 * @param width    the width of the rectangle
 * @param height   the height of the rectangle
 * @param angle    the angle of the rectangle (rotated around
 *                 the upper left corner)
 */
class Rectangle(position: Point, width: Double,
                height : Double, angle : Double) {
  /** Draws the rectangle using a turtle */
  def draw(turtle: Turtle): Unit = ???

  /** Returns a new Rectangle that is rotated to the left */
  def rotateLeft(degrees: Double): Rectangle = ???

  /** Returns a new Rectangle that is rotated to the right */
  def rotateRight(degrees: Double): Rectangle = ???

  /** Returns a new Rectangle that has been scaled by a size factor */
  def scale(factor: Double): Rectangle = ???

  /** Returns a new Rectangle that has been moved some number of pixels */
  def translate(dx: Double, dy: Double): Rectangle = ???
}
```

### 6.7.3 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 4.** Skapa en klass RectangleSequence. I denna klass skall draw-metoden rita ut ett antal rektanglar där varje rektangel har förflyttat sig, roterats och skalats jämfört med föregående rektangel i sekvensen. Se bilder nedan.

#### Specification RectangleSequence

```
/** Represents a sequence of Rectangles that have been translated,
 *     rotated, and scaled down.
 *
 * @param rectangle    the rectangle to use as a base for the shape
 * @param count        the number of rectangles to draw
 * @param angle        the number of degrees to rotate the image
 * @param step         the number of pixels to move each rectangle
 *                     (in the direction of angle)
 * @param rotationStep the number of degrees to shift each rectangle
 *                     with each roll
 */
```

```

case class RectangleSequence(rectangle: Rectangle,
                             count: Int,
                             angle: Double,
                             step: Double,
                             rotationStep: Double) {

  /** Draws the image using a given Turtle */
  def draw(turtle: Turtle): Unit = ???

  /** Returns a new RectangleSequence that has been scaled with a size factor*/
  def scale(factor: Double): RectangleSequence = ???

  /** Returns a new RectangleSequence that has been rotated to the left */
  def rotateLeft(degrees: Double): RectangleSequence = ???

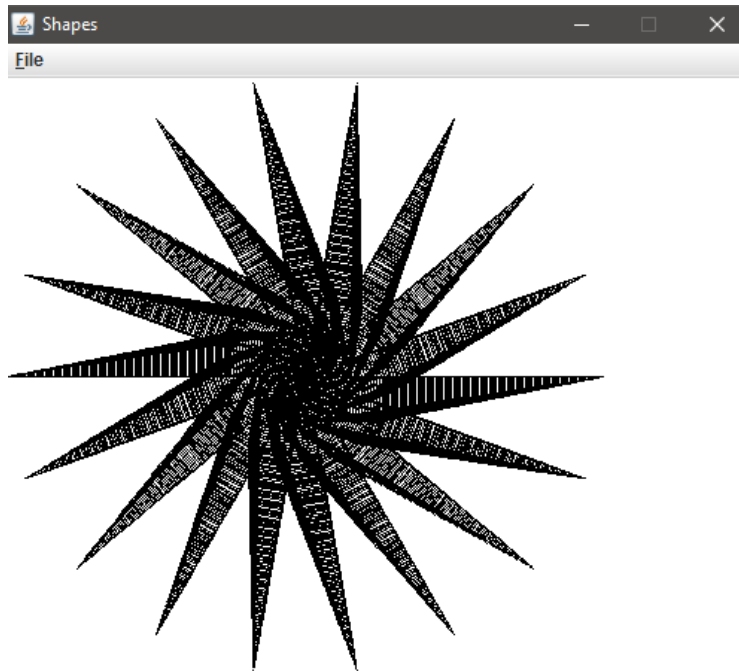
  /** Returns a new RectangleSequence that has been rotated to the right */
  def rotateRight(degrees: Double): RectangleSequence = ???

  /** Returns a new RectangleSequence that has moved some number of pixels*/
  def translate(dx: Double, dy: Double): RectangleSequence = ???
}

```



Figur 6.1: Resultatet av `RectangleSequence(Rectangle(Point(200, 200), 50, 30, 0),`



Figur 6.2: Resultatet av en `RectangleSequence` roll med stort count och utan rotation kört i följande loop (givet en Turtle `t`)  
`for (i <- 0 to 360 by 20) roll.rotateLeft(i).draw(t)`



# Kapitel 7

## Arv

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ arv
- ☐ polymorfism
- ☐ trait
- ☐ extends
- ☐ asInstanceOf
- ☐ with
- ☐ inmixning
- ☐ supertyp
- ☐ subtyp
- ☐ bastyp
- ☐ override
- ☐ klasshierarkin i Scala: Any AnyRef Object AnyVal Null Nothing
- ☐ referenstyper vs värdetyper
- ☐ klasshierarkin i scala.collection
- ☐ Shape som bastyp till Point och Rectangle
- ☐ accessregler vid arv
- ☐ protected
- ☐ final
- ☐ klass vs trait
- ☐ abstract class
- ☐ case-object
- ☐ typer med uppräknade värden

## 7.1 TODO: Begrepp att förklara

Tänk igenom ordningen:

- OO, arv, supertyp, subtyp, bastyp, polymorfism, ...

## 7.2 Medlemmar och arv

Olika sorters medlemmar i **Scala**:

- **def**
- **val**
- **lazy val**
- **var**

Olika sorters medlemmar i **Java**:

- variabel
- metod

Variabler kan vara instansvariabler eller klassvariabler (nyckelord **static**)

- Vid arv kan man överskugga (eng. **override**) en medlem, så att medlemmen med samma namn i en subtyp får sin egen speciella skepnad.
- När man konstruerar ett objektorienterat språk gäller det att man definierar sunda överskuggningsregler vid arv.

## 7.3 Regler för override i Scala.

En medlem M1 i en supertyp får ersättas av en medlem M2 i en subtyp, givet reglerna:

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 byter ut 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.

## 7.4 När använda en trait och när använda en klass som supertyp?

TODO

Använd en trait som supertyp om:

1. Du är osäker på vilket som är bäst. (Du kan alltid ändra till en klass senare.)
2. etc
3. etc

Använd en klass om:

1. Du vill ge supertypen en parameter vid konstruktion.
2. etc
3. etc

## 7.5 Designexempel: Klassen ???

TODO:

-

## 7.6 Övning: traits

### Mål

- ☐ Förstå följande begrepp:
  - ☐ bastyp,
  - ☐ supertyp,
  - ☐ subtyp,
  - ☐ abstrakt typ,
  - ☐ polymorfism.
- ☐ Kunna deklarerar och använda en arvshierarki i flera nivåer med nyckelordet **extends**.
- ☐ Kunna deklarerar och använda inmixning med flera traits och nyckelordet **with**.
- ☐ Kunna deklarerar 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 deklarerar 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** (som kommer i kapitel 8).
- ☐ Känna till begreppet anonym klass.
- ☐ Kunna deklarerar och använda överskuggade metoder med nyckelordet **override**.
- ☐ Känna till reglerna som gäller vid överskuggning av olika sorters medlemmar.
- ☐ Kunna deklarerar och använda hierarkier av klasser där konstruktorparametrar överförs till superklasser.
- ☐ Kunna deklarerar och använda uppräknade värden med case-objekt och gemensam bastyp.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 7.

#### 7.6.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** *Gemensam bastyp.* Man vill ofta lägga in objekt av olika typ i samma samling.

```
1 class Gurka(val vikt: Int)
2 class Tomat(val vikt: Int)
3 val gurkor = Vector(new Gurka(100), new Gurka(200))
4 val grönsaker = Vector(new Gurka(300), new Tomat(42))
```

a) Om en samling innehåller objekt av flera olika typer försöker kompilatorn härleda den mest specifika typen som objekten har gemensamt. Vad blir det för typ på värdet grönsaker ovan?

b) Försök ta reda på summan av vikterna enligt nedan. Vad ger andra raden för felmeddelande? Varför?

```
1 gurkor.map(_.vikt).sum
2 grönsaker.map(_.vikt).sum
```

c) Vi kan göra så att vi kan komma åt vikten på alla grönsaker genom att ge gurkor och tomater en gemensam bas typ som de olika konkreta grönsakstyperna utvidgar med nyckelordet **extends**. Man säger att subtyperna Gurka och Tomat **ärver** egenskaperna hos supertypen Grönsak.

Attributet vikt i traiten Grönsak nedan initialiseras inte förrän konstruktorerna anropas när vi gör **new** på någon av klasserna Gurka eller Tomat.

```
1 trait Grönsak { val vikt: Int }
2 class Gurka(val vikt: Int) extends Grönsak
3 class Tomat(val vikt: Int) extends Grönsak
4 val gurkor = Vector(new Gurka(100), new Gurka(200))
5 val grönsaker = Vector(new Gurka(300), new Tomat(42))
```

d) Vad blir det nu för typ på värdet av grönsaker ovan?

e) Fungerar det nu att räkna ut summan av vikterna i grönsaker med grönsaker.map(\_.vikt).sum?

f) En trait liknar en klass, men man kan inte instansiera den och den kan inte ha några parametrar. En typ som inte kan instansieras kallas **abstrakt** (eng. *abstract*). Vad blir det för felmeddelande om du försöker göra **new** på en trait enligt nedan?

```
1 trait Grönsak{ val vikt: Int }
2 new Grönsak
```

g) Traiten Grönsak har en abstrakt medlem vikt. Den sägs vara abstrakt eftersom den saknar definition – medlemmen har bara ett namn och en typ men inget värde. Du kan instansiera den abstrakta traiten Grönsak om du fyller i det som "fattas", nämligen ett värde på vikt. Man kan fylla på det som fattas i genom att "hänga på" ett block efter typens namn vid instansiering. Man får då vad som kallas en **anonym** klass, i detta fall en ganska konstig grönsak som inte är någon speciell sorts grönsak med som ändå har en vikt.

Vad får anonymGrönsak nedan för typ och strängrepresentation?

```
1 val anonymGrönsak = new Grönsak { val vikt = 42 }
```

**Uppgift 2. Polymorfism i samband med arv.** Polymorfism betyder "många skepnader". I samband med arv innebär det att flera subtyper, till exempel Ko och Gris, kan hanteras gemensamt som om de vore instanser av samma supertyp, så som Djur. Subklasser kan implementera en metod med samma namn på

olika sätt. Vilken metod som exekveras bestäms vid körtid beroende på vilken subtyp som instansieras. På så sätt kan djur komma i många skepnader.

a) Implementera funktionen `skapaDjur` nedan så att den returnerar antingen en ny `Ko` eller en ny `Gris` med lika sannolikhet.

```
1 scala> trait Djur { def väsnas: Unit }
2 scala> class Ko extends Djur { def väsnas = println("Muuuuuuu") }
3 scala> class Gris extends Djur { def väsnas = println("Nöffnöff") }
4 scala> def skapaDjur: Djur = ???
5 scala> val bondgård = Vector.fill(42)(skapaDjur)
6 scala> bondgård.foreach(_.väsnas)
```

b) Lägg till ett djur av typen `Häst` som väsnas på lämpligt sätt och modifiera `skapaDjur` så att det skapas kor, grisar och hästar med lika sannolikhet.

**Uppgift 3.** *Bastypen `Shape` och subtyperna `Rectangle` och `Circle`.* Du ska nu skapa ett litet bibliotek för geometriska former med oföränderliga objekt implementerade med hjälp av case-klasser. De geometriska formerna har en gemensam bastyp kallad `Shape`. Skriv nedan kod i en editor och klistra sedan in den i REPL med kommandot `:paste`.

```
case class Point(x: Double, y: Double) {
  def move(dx: Double, dy: Double): Point = Point(x + dx, y + dy)
}

trait Shape {
  def pos: Point
  def move(dx: Double, dy: Double): Shape
}

case class Rectangle(
  pos: Point,
  dx: Double,
  dy: Double
) extends Shape {
  override def move(dx: Double, dy: Double): Rectangle =
    Rectangle(pos.move(dx, dy), this.dx, this.dy)
}

case class Circle(pos: Point, radius: Double) extends Shape {
  override def move(dx: Double, dy: Double): Circle =
    Circle(pos.move(dx, dy), radius)
}
```

a) Instansiera några cirklar och rektanglar och gör några relativa förflyttningar av dina instanser genom att anropa `move`.

b) Lägg till metoden `moveTo` i `Point`, `Shape`, `Rectangle` och `Circle` som gör en absoult förflyttning till koordinaterna `x` och `y`. Klistra in i REPL och testa på

några instanser av `Rectangle` och `Circle`.

c) Lägg till metoden `distanceTo(that: Point): Double` i case-klassen `Point` som räknar ut avståndet till en annan punkt med hjälp av `math.hypot`. Klistra in i REPL och testa på några instanser av `Point`.

d) Lägg till en konkret metod `distanceTo(that: Shape): Double` i traiten `Shape` som räknar ut avståndet till positionen för en annan `Shape`. Klistra in i REPL och testa på några instanser av `Rectangle` och `Circle`.

**Uppgift 4. Inmixning.** Man kan utvidga en klass med multipla traits med nyckelordet **with**. På så sätt kan man fördela medlemmar i olika traits och återanvända gemensamma koddelar genom så kallad **inmixning**, så som nedan exempel visar.

En alternativ fågeltaxonomi, speciellt populär i Skåne, delar in alla fåglar i två specifika kategorier: Kråga respektive Ånka. Krågor kan flyga men inte simma, medan Ånkor kan simma och oftast även flyga. Fågel i generell, kollektiv bemärkelse kallas på gammal skånska för Fyle.<sup>1</sup> Skriv in nedan kod i en editor och spara den för kommande uppgifter. Klistra in koden i REPL med kommandot `:paste`.

```
trait Fyle {
  val läte: String
  def väsnas: Unit = print(läte * 2)
  val ärSimkunnig: Boolean
  val ärFlygkunnig: Boolean
}

trait KanSimma      { val ärSimkunnig = true }
trait KanInteSimma { val ärSimkunnig = false }
trait KanFlyga      { val ärFlygkunnig = true }
trait KanKanskeFlyga { val ärFlygkunnig = math.random < 0.8 }

class Kråga extends Fyle with KanFlyga with KanInteSimma {
  val läte = "krax"
}

class Ånka extends Fyle with KanSimma with KanKanskeFlyga {
  val läte = "kvack"
  override def väsnas = print(läte * 4)
}
```

a) En flitig ornitolog hittar 42 fåglar i en perfekt skog där alla fågel sorter är lika sannolika, representerat av vektorn `fyle` nedan. Skriv i REPL ett uttryck som undersöker hur många av dessa som är flygkunniga Ånkor, genom att använda metoderna `filter`, `isInstanceOf`, `ärFlygkunnig` och `size`.

<sup>1</sup>[www.klangfix.se/ordlista.htm](http://www.klangfix.se/ordlista.htm)

```

1 scala> val fyle =
2     Vector.fill(42)(if (math.random > 0.5) new Kråga else new Ånka)
3 scala> fyle.foreach(_.väsnas)
4 scala> val antalFlygånkor: Int = ???

```

```

// kod till facit
fyle.filter(f => f.isInstanceOf[Ånka] && f.ärFlygkunnig).size

```

b) Om alla de fåglar som ornitologen hittade skulle väsnas exakt en gång var, hur många krax och hur många kvack skulle då höras? Använd metoderna `filter` och `size`, samt predikatet `ärSimKunnig` för att beräkna antalet krax respektive kvack.

```

1 scala> val antalKrax: Int = ???
2 scala> val antalKvack: Int = ???

```

```

// kod till facit
val antalKrax: Int = fyle.filter(f => !f.ärSimkunnig).size * 2
val antalKvack: Int = fyle.filter(f => f.ärSimkunnig).size * 4

```

**Uppgift 5. Finala klasser.** Om man vill förhindra att man kan göra **extends** på en klass kan man göra den final genom att placera nyckelordet **final** före nyckelordet **class**.

- Eftersom klassificeringen av fåglar i uppgiften ovan i antingen Ånkor eller Krågor är fullständig och det inte finns några subtyper till varken Ånkor eller Krågor är det lämpligt att göra dessa finala. Ändra detta i din kod.
- Testa att ändå försöka göra en subklass `Simkråga` **extends** `Kråga`. Vad ger kompilatorn för felmeddelande om man försöker utvidga en final klass?

**Uppgift 6. Accessregler vid arv och nyckelordet `protected`.** Om en medlem i en supertyp är privat så kan man inte komma åt den i en subklass. Ibland vill man att subklassen ska kunna komma åt en medlem även om den ska vara otillgänglig i annan kod.

```

1 trait Super {
2     private val minHemlis = 42
3     protected val vårHemlis = 42
4 }
5 class Sub extends Super {
6     def avslöja = minHemlis
7     def kryptisk = vårHemlis * math.Pi
8 }

```

- Vad blir felmeddelandet när klassen `Sub` försöker accessa `minHemlis`?
- Deklarera `Sub` på nytt, men nu utan den förbjudna metoden `avslöja`. Vad blir felmeddelandet om du försöker komma åt `vårHemlis` via en instans av klassen `Sub`? Prova till exempel med `(new Sub).vårHemlis`



c) Fungerar det att anropa metoden `kryptisk` på instanser av klassen `Sub`?

**Uppgift 7.** *Användning av `protected`.* Den flitige ornitologen från uppgift 4 ska ringmärka alla 42 fåglar hen hittat i skogen. När hen ändå håller på bestämmer hen att i även försöka ta reda på hur mycket oväsen som skapas av respektive fågelsort. För detta ändamål apterar den flitige ornitologen en linuxdator på allt infångat fyle. Du ska hjälpa ornitologen att skriva programmet.

a) Inför en `protected var` `räknaLäte` i traiten `Fyle` och skriv kod på lämpliga ställen för att räkna hur många läten som respektive fågelinstans yttrar.

b) Inför en metod `antalLäten` som returnerar antalet krax respektive kvack som en viss fågel yttrat sedan dess skapelse.



c) Varför inte använda `private` i stället för `protected`?



d) Varför är det bra att göra räknar-variabeln oåtkomlig från "utsidan"?

**Uppgift 8.** *Typtester med `isInstanceOf` och typkonvertering med `asInstanceOf`.* Gör nedan deklARATIONER.

```
1 scala> trait A; trait B extends A; class C extends B; class D extends B
2 scala> val (c, d) = (new C, new D)
3 scala> val a: A = c
4 scala> val b: B = d
```

a) Rita en bild över vilka typer som ärver vilka.

b) Vilket resultat ger dessa typtester? Varför?

```
1 scala> c.isInstanceOf[C]
2 scala> c.isInstanceOf[D]
3 scala> d.isInstanceOf[B]
4 scala> c.isInstanceOf[A]
5 scala> b.isInstanceOf[A]
6 scala> b.isInstanceOf[D]
7 scala> a.isInstanceOf[B]
8 scala> c.isInstanceOf[AnyRef]
9 scala> c.isInstanceOf[Any]
10 scala> c.isInstanceOf[AnyVal]
11 scala> c.isInstanceOf[Object]
12 scala> 42.isInstanceOf[Object]
13 scala> 42.isInstanceOf[Any]
```

c) Vilka av dessa typkonverteringar ger felmeddelande? Vilket och varför?

```
1 scala> c.asInstanceOf[B]
2 scala> c.asInstanceOf[A]
3 scala> d.asInstanceOf[C]
4 scala> a.asInstanceOf[B]
5 scala> a.asInstanceOf[C]
6 scala> a.asInstanceOf[D]
7 scala> a.asInstanceOf[E]
8 scala> b.asInstanceOf[A]
```

**Uppgift 9.** Regler för *override*, *private* och *final*.

a) Undersök överskuggning av abstrakta, konkreta, privata och finala medlemmar genom att skriva in raderna nedan en i taget i REPL. Vilka rader ger felmeddelande? Varför? Vid felmeddelande: notera hur felmeddelandet lyder och ändra deklarationen av den felande medlemmen så att koden blir kompillerbar (eller om det är enda rimliga lösningen: ta bort den felaktiga medlemmen), innan du provar efterkommande rad.

```

1 trait Super1 { def a: Int; def b = 42; private def c = "hemlis" }
2 class Sub2 extends Super1 { def a = 43; def b = 43; def c = 43 }
3 class Sub3 extends Super1 { def a = 43; override def b = 43 }
4 class Sub4 extends Super1 { def a = 43; override def c = "43" }
5 trait Super5 { final def a: Int; final def b = 42 }
6 class Sub6 extends Super5 { override def a = 43; def b = 43 }
7 class Sub7 extends Super5 { def a = 43; override def b = 43 }
8 class Sub8 extends Super5 { def a = 43; override def c = "43" }
9 trait Super9 { val a: Int; val b = 42; lazy val c: String = "lazy" }
10 class Sub10 extends Super9 { override def a = 43; override val b = 43 }
11 class Sub11 extends Super9 { val a = 43; override lazy val b = 43 }
12 class Sub12 extends Super9 { val a = 43; override var b = 43 }
13 class Sub13 extends Super9 { val a = 43; override lazy val c = "still lazy" }
14 class SubSub extends Sub13 { override val a = 44 }
15 trait Super14 { var a: Int; var b = 42; var c: String }
16 class Sub15 extends Super14 { def a = 43; override var b = 43; val c = "?" }

```

b) Skapa instanser av klasserna Sub3, Sub13 och SubSub från ovan deluppgift och undersök alla medlemmarnas värden för respektive instans. Förklara varför de har dessa värden.

c) Läs igenom reglerna i kapitel 7.3 om vad som gäller vid arv och överskuggning av medlemmar. Gör några egna undersökningar i REPL som försöker bryta mot någon regel som inte testades i deluppgift a.

**Uppgift 10.** *Supertyp med parameter.* En trait kan inte ha någon parameter. Vill man ha en parameter till supertypen måste man använda en klass istället, enligt nedan exempel.

Utbildningsdepartementet vill i sitt system hålla koll på vissa personer och skapar därför en klasshierarki enligt nedan. Skriv in koden i en editor och klipp sedan in den i REPL.

```

class Person(val namn: String)

class Akademiker(
  namn: String,
  val universitet: String) extends Person(namn)

class Student(
  namn: String,
  universitet: String,
  program: String) extends Akademiker(namn, universitet)

```

```
class Forskare(
  namn: String,
  universitet: String,
  titel: String) extends Akademiker(namn, universitet)
```

a) Deklarera fyra olika **val**-variabler med lämpliga namn som refererar till olika instanser av alla olika klasser ovan och ge attributen valfria initialvärden genom olika parametrar till konstruktörerna.

b) Skriv två satser: en som först stoppar in instanserna i en Vector och en som sedan loopar igenom vektorn och skriv ut alla instansers toString och namn.

c) Utbildningsdepartementet vill att det inte ska gå att instansiera objekt av typerna Person och Akademiker. Det kan åstadkommas genom att placera nyckelordet **abstract** före **class**. Uppdatera koden i enlighet med detta. Vilket blir felmeddelande om man försöker instansiera en **abstract class**?

d) Utbildningsdepartementet vill slippa implementera toString och slippa skriva **new** vid instansiering. Gör därför om typerna Student och Forskare till case-klasser. *Tips:* För att undkomma ett kompileringsfel (vilket?) behöver du använda **override val** på lämpligt ställe.

Skapa instanser av de nya case-klasserna Student och Forskare och skriv ut deras toString. Hur ser utskriften ut?

e) Eftersom Person och Akademiker nu är abstrakta, vill utbildningsdepartementet att du gör om dessa typer till traits med abstrakta attribut istället för klasser. Du kan då undvika **override val** i klassparametrarna till de konkreta case-klasserna.

Man inför också en case-klass IckeAkademiker som man tänker använda i olika statistiska medborgarundersökningar.

Dessutom förser man alla personer med ett personnummer representerat som en Int.

Hur ser utbildningsdepartementets kod ut nu, efter alla ändringar? Skriv ett testprogram som skapar några instanser och skriver ut deras attribut.

 f) I vilka sammanhang är det nödvändigt att använda en **trait** respektive en **class**.

**Uppgift 11.** *Uppräknade värden.* Ett sätt att hålla reda på uppräknade värden, t.ex. färgen på olika kort i en kortlek, är att använda olika heltal som får representera de olika värdena, till exempel så här:<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Om namnkonventioner för konstanter i Scala: läs under rubriken "Constants, Values, Variable and Methods" här [docs.scala-lang.org/style/naming-conventions.html](https://docs.scala-lang.org/style/naming-conventions.html)

```
}
```

Dessa kan sedan användas som parametrar till denna case-klass vid skapande av kortobjekt:

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

Man kan hålla reda på färgen med en variabel av typen Int och tilldela den en viss färg med ovan konstanter. Och när man skapar ett kort behöver man inte komma ihåg vilket numret är.

```
1 scala> val f = Färg.Spader
2 scala> import Färg._
3 scala> Kort(Ruter, 7)
```

En annan fördelen med detta är att man lätt kan loopa från 1 till 4 för att gå igenom alla färger.

```
1 scala> val kortlek = for (f <- 1 to 4; v <- 1 to 13) yield Kort(f, v)
```

Nackdelen är att kompilatorn vid kompileringstid inte kollar om variablerna av misstag råkar ges något värde utanför det giltiga intervallet, t.ex. 42. Detta får vi själv hålla koll på vid körtid, till exempel med funktionen `require` eller **if**-satser, etc.

Istället kan man använda case-objekt enligt nedan deluppgifter och få hjälp av kompilatorn att hitta eventuella fel vid kompileringstid. Ett case-objekt är som ett vanligt singleton-objekt men det får automatiskt en `toString` samma som namnet och kan användas i matchningar etc. (mer om `match` i kapitel 8).

a) Deklarera följande uppräknade värden som singleton objekt med gemensam bas typ i en editor och klistra in i REPL med kommandot `:paste`.

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

Dessa kan sedan användas som parametrar till denna case-klass vid skapande av kortobjekt:

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

Skapa därefter några exempelinstanser av klassen Kort. Vad är fördelen med ovan angreppssätt jämfört med att använda heltalskonstanter?

b) Om man vill kunna iterera över alla värden är det bra om de finns i en samling med alla värden. Vi kan lägga en sådan i ett kompanjonsobjekt till bas typen. Uppdatera koden enligt nedan och klistra in på nytt i REPL med kommandot `:paste`. Skriv ut alla färgvärden med en **for**-sats.

```
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
```

Skapa en kortlek med 52 olika kort och blanda den sedan med `Random.shuffle` enligt nedan. Använd en dubbel **for**-sats och **yield**.

```
1 scala> val kortlek: Vector[Kort] = ???
2 scala> val blandad = scala.util.Random.shuffle(kortlek)
```

```
// kod till facit
for (f <- Färg.values; v <- 1 to 13) yield Kort(f,v)
```

c) Skriv en funktion **def** `blandadKortlek: Vector[Kort] = ???` som ger en ny blandad kortlek varje gång den anropas med metoden i föregående uppgift.

```
// kod till facit
def blandadKortlek: Vector[Kort] = {
  val kortlek =
    for (f <- Färg.values; v <- 1 to 13) yield Kort(f,v)
  scala.util.Random.shuffle(kortlek)
}
```

d) Om man även vill ha en heltalsrepresentation med en medlem `toInt` för alla värden, kan man ge basstypen en parameter och i stället för en trait (som inte kan ha några parametrar) använda en abstrakt klass.

```
abstract class Färg(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)
```

Skapa en funktion `färgPoäng` som räknar ut summan av heltalsrepresentationen av alla färger hos en vektor med kort, och använd den sedan för att räkna ut `färgPoäng` för de första fem korten.

```
1 scala> def blandadKortlek: Vector[Kort] = ???
2 scala> def färgPoäng(xs: Vector[Kort]): Int = ???
3 scala> färgPoäng(blandadKortlek.take(5))
```

```
// kod till facit
def färgPoäng(xs: Vector[Kort]): Int = xs.map(_ .färg.toInt).sum
```

## 7.6.2 Extrauppgifter

**Uppgift 12.** Det visar sig att vår flitige ornitolog från uppgift 4 sov på en av föreläsningarna i zoologi när hen var nolla på Natfak, och därför helt missat fylekategorin Pjodd. Hjälp vår stackars ornitolog så att fylehierarkin nu även omfattar Pjoddar. En Pjodd kan flyga som en Kråga men den är Liten medan en Kråga är Stor. En Pjodd kvittrar dubbelt så många gånger som en Ånka kvackar. En Pjodd KanKanskeSimma där simkunnighetssannolikheten är 0.2. Låt ornitologen ånyo finna 42 slumpmässiga fåglar i skogen och filtrera fram lämpliga arter och undersök hur dessa väsnas.

**Uppgift 13.** Polynom ??? INte färdigt; är det lönt att bygga vidare på detta exempel??? Hur kommer undantag in här?

```
//kod till facit TODO: INTE ALLS FÄRDIGT

sealed trait Term {
  def const: BigDecimal
  protected def silentConst: String =
    if (const == BigDecimal(1)) "" else const.toString
  def *(that: Term): Term
  def ^(e: Int): Term
}

case class Const(const: BigDecimal) extends Term {
  override def toString = const.toString
  def *(that: Term): Term = that match {
    case Const(c)      => Const(c * const)
    case Var(c, n, e) => Var(c * const, n, e)
    case Prod(c, vs)  => ???
  }
}

case class Var(const: BigDecimal, name: Char, exp: BigInt) extends Term {
  private def silentExp: String =
    if (exp == BigInt(1)) "" else "^"+exp.toString
  def ^(e: Int) = Var(const.pow(e), name, e * exp)
  def *(c: BigDecimal) = Var(const * c, name, exp)
  def /(c: BigDecimal) = Var(const / c, name, exp)
  def constUnit: Var = Var(1.0, name, exp)
  def *(that: Var): Term = {
    Prod(const * that.const, Vector(this.constUnit, that.constUnit))
  }
  override def toString = s"$silentConst$name$silentExp"
}

object Var{
```

```

def apply(name: Char) = new Var(1, name, 1)
def apply(const: Double, name: Char) = new Var(const, name, 1)
}

case class Prod(const: BigDecimal, vars: Vector[Var]) extends Term {
  override def toString = silentConst + vars.mkString
}

case class Poly(xs: Vector[Term]) { // etc etc
}

```

### 7.6.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 14.** **TODO!!!** Gör en fördjupningsuppgift inspirerat av denna <http://stackoverflow.com/questions/16173477/uses-of-null-nothing-unit-in-scala>

**Uppgift 15.** **TODO!!!** Gör en fördjupningsuppgift om extraherare (eng. *extractors*) och implementera unapply.

**Uppgift 16.** **TODO!!!** Polynomdivision ???

**Uppgift 17.** **TODO!!!** Numbers: Fundera på om detta är lönt eller blir exemplet för krångligt ??? Vad har detta med **match** och undantag att göra ??? Hitta på ngt bättre...

```

// INTE FÄRDIGT
package numbers

trait Number {
  def reduce: Number = this // reduce if possible to a simpler number
  def isZero: Boolean
  def isOne: Boolean
  def +(that: Number): Number = ??? // should be abstract
}

object Number {
  def Zero = Nat(0)
  def One = Nat(1)
  def Im(im: BigDecimal) = Complex(Real(0), Real(im))
  def Im(im: Real) = Complex(Real(0), im)
  def j = Complex(Real(0), Real(1))
  def Re(re: BigDecimal) = Complex(Real(re), Real(0))
  def Re(re: Real) = Complex(re, Real(0))
  implicit class IntDecorator(i: Int){ def j = Im(i) }
  implicit class DoubleDecorator(d: Double){ def j = Im(d) }
}

trait AbstractComplex extends Number {
  def re: AbstractReal
  def im: AbstractReal
  def abs = Real(math.hypot(re.decimal.toDouble, im.decimal.toDouble))
  def fi = Real(math.atan2(im.decimal.toDouble, re.decimal.toDouble))
  override def isZero: Boolean = re.decimal == 0 && im.decimal == 0
  override def isOne: Boolean = abs.decimal == 1.0
  override def reduce: AbstractComplex = if (im.decimal == 0) re.reduce else this
}

```

```

case class Complex(re: Real, im: Real) extends AbstractComplex
case object Complex {
  def apply(re: BigDecimal, im: BigDecimal) = new Complex(Real(re), Real(im))
}

case class Polar(override val abs: Real, override val fi: Real) extends AbstractComplex {
  override def re = Real(abs.decimal.toDouble * math.cos(fi.decimal.toDouble))
  override def im = Real(abs.decimal.toDouble * math.sin(fi.decimal.toDouble))
}
case object Polar {
  def apply(abs: BigDecimal, fi: BigDecimal) = new Polar(Real(abs), Real(fi))
}

trait AbstractReal extends AbstractComplex {
  def decimal: BigDecimal
  override def isZero = decimal == 0
  override def isOne = decimal == 1
  override def re = this
  override def im = Number.Zero
  override def reduce: AbstractReal =
    if (decimal == 0) Number.Zero else if (decimal == 1) Number.One else this
}

case class Real(decimal: BigDecimal) extends AbstractReal

trait AbstractRational extends AbstractReal {
  def numerator: AbstractInteger
  def denominator: AbstractInteger
  override def decimal = BigDecimal(numerator.integ)
  override def isOne = numerator.integ == denominator.integ
  override def reduce: AbstractRational =
    if (denominator.isOne) numerator.reduce else this // should use gcd
}

case class Frac(numerator: Integ, denominator: Integ) extends AbstractRational {
  require(denominator.integ != 0, "denominator must be non-zero")
}
case object Frac {
  def apply(n: BigInt, d: BigInt) = new Frac(Integ(n), Integ(d))
}

trait AbstractInteger extends AbstractRational {
  def integ: BigInt
  override def numerator = this
  override def denominator = Number.One
  override def isZero = integ == 0
  override def isOne = integ == 1
  override def decimal: BigDecimal = BigDecimal(integ)
  override def reduce: AbstractInteger =
    if (isZero) Number.Zero else if (isOne) Number.One else this
}

case class Integ(integ: BigInt) extends AbstractInteger

trait AbstractNatural extends AbstractInteger

case class Nat(integ: BigInt) extends AbstractNatural {
  require(integ >= 0, "natural numnbers must be non-negative")
}

```





## 7.7 Laboration: turtlerace-team

### Mål

- ☐ Kunna arv
- ☐ Kunna traits

### Förberedelser

- ☐ Gör övning traits i kapitel 7.6.
- ☐ Läs på om och förstå arv

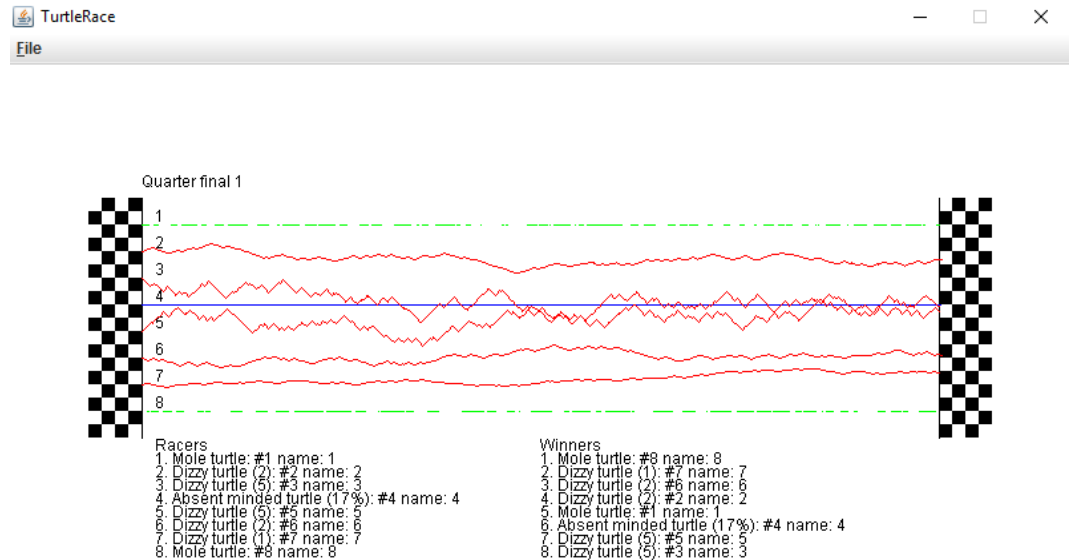
### 7.7.1 Bakgrund

I labben kommer sköldpaddor, Turtle, att får tävla mot varandra i ett lopp. Racet kommer att köras i ett RaceWindow som ärver från SimpleWindow. Först kommer en RaceTurtle att skapas, som ärver från Turtle och sen kommer sköldpaddor med olika egenskaper skapas. Dessa sköldpaddor kommer sen att tävla i en tuning med 32 sköldpaddor. Det kommer vara åtta sköldpaddor i varje deltävling och tuningen kommer bestå av fyra kvartsfinaler, två semifinaler och tillsist en final.

### 7.7.2 Obligatoriska uppgifter

#### Uppgift 1. RaceWindow

- a) Skapa RaceWindow som ärver från SimpleWindow med fix storlek och förbestämd titel. Lämplig storlek är 800x400. Det ska finnas två attribut startX och endX som är förbestämda och motsvarar start och mål.
- b) Skapa tre metoder startX, endX och startY. startX och endX ska retunera värdet på motsvarande attribut. startY ska ta in ett heltal nbr som är ett startnummer och retunera y-värdet för det startnumret. startX och endX är x-värdet för start- resp. målinjen och startY är y-värdet för varje sköldpaddas startposition på startlinjen.
- c) Skapa en metod draw som ritar upp ett race i fönstret och skriver ut startnummer. Definiera gärna en klass som ritar upp ett start-/målfält. Bilden är enbart ett exempel på vad man kan göra. Rita något kul! Titeln och alla tävlande turtles kommer att skrivas ut senare i uppgiften.



d) Skapa en metod `printTitle` som tar in en sträng och skriver ut den som titel på racet.

```
class RaceTurtle(private val w: RaceWindow,
                 var nbr: Int, val name: String) {
    /**
     * Takes one step of a random length 1 to 5
     */
    def raceStep(): Unit = ???

    /**
     * Restarts the turtle at the finish line.
     * To be used before each race
     */
    def restart: Unit = ???

    override def toString: String = ???
}
```

### Uppgift 2. RaceTurtle.

a) Högerklicka på projektet `w07_turtlerace_team` och välj `Build Path` → `Configure Build Path`. Välj fliken `Projects` och tryck `Add...` Markera projektet `w06_turtlegraphics` och tryck `OK`.

b) Implementera klassen `RaceTurtle` som ska ärva från `Turtle`. `Turtle` och `Point` behöver importeras från `turtlegraphics`. Startpositionen för en `RaceTurtle` hämtas från `RaceWindow`.

Exempel på import-sats: `import turtlegraphics.Turtle`.

c) Skapa en metod `printRacers`, i `RaceWindow`, som tar in en lista med `RaceTurtle`, ett `x`-värde och en titel på listan och skriver ut listan med början

på angivet  $x$ -värde. Se exemplet med listan *Racers* och *Winners*.

### Uppgift 3. TurtleRace

- a) Implementera metoden `race` som ska börja med att skriva ut tävlande och titel i `RaceWindow`. Skapa en tom `ArrayBuffer` med namnet `winners` (för detta behöver man importera `scala.collection.mutable.ArrayBuffer`). Låt varje `RaceTurtle` ta ett steg tills en passerar mållinjen. Lägg över alla som passerat mållinjen i `winners` och kör detta tills alla `RaceTurtle` har hamnat i `winners`. Använd `SimpleWindow.delay(5)` mellan varje steg för att se animeringen. Skriv ut vinnarna i `RaceWindow` och vänta på musklick. Retunera listan med vinnare.
- b) Testa att köra ett race mellan åtta sköldpaddor.

### Uppgift 4. ColorTurtle.

- a) Skapa en ny klass `ColorTurtle` som ärver från `RaceTurtle` och tar in en extra parameter `color` av typen `java.awt.Color`.
- b) Metoden `raceStep` är det enda som skiljer klasserna. Börja med att spara undan nuvarande färg i `RaceWindow` och byt till den angivna färgen `color`. Anropa `raceStep` i superklassen och ändra sedan tillbaka färgen i `RaceWindow`.

### Uppgift 5. Dizziness, AbsentMindness och Mole

- a) Implementera tre **trait** som ärver från `RaceTurtle` och som **override** `raceStep` och `toString`. `toString` ska utöver `toString` från `RaceTurtle` även bestå av vilken typ av `RaceTurtle` det är och graden av yrsel/tankspriddhet den har.
  - **Dizziness**. Slumpa ett heltal `dizziness` mellan 1 och 5. För varje steg ska en riktningsförändring slumpas fram som blir större desto större `dizziness` är. Slumpa även om den avviker åt höger eller vänster och använd `turnRight` och `turnLeft`.
  - **AbsentMindness**. Slumpa ett heltal `absent` mellan 0 och 99 som anger i procent hur tankspridd `RaceTurtle` är. För varje steg ska det vara `absent%` chans att ett steg inte tas.
  - **Mole**. Med 50% sannolikhet ska denna typ `RaceTurtle` gräva ner sig i marken. För varje steg ska det vara 50% chans att pennan är uppe och 50% chans att pennan är nere. Använd metoderna `penUp` och `penDown`.

### Uppgift 6. TurtleTournament

- a) Börja med att skapa en hjälpmetod `randTurtle` som tar in ett `RaceWindow`, ett nummer och ett namn som parameter. Slumpa med lika stor sannolikhet mellan att skapa en `ColorTurtle` med en av de tre olika egenskaperna och låt de olika egenskaperna ha olika färger.
- b) Skapa ett `RaceWindow`. Slumpa fram 32 sköldpaddor och låt dem utföra fyra `TurtleRace`. Ta vara på vinnarna och låta de fyra bästa från varje lopp

köra två lopp till. De fyra bästa från båda dessa loppen går vidare till finalen. **Tänk på att rensa RaceWindow efter varje lopp och rita ut det på nytt innan varje lopp.**



# Kapitel 8

## Mönster, Undantag

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ mönstermatchning
- ☐ match
- ☐ Option
- ☐ try
- ☐ catch
- ☐ finally ???
- ☐ Try
- ☐ unapply
- ☐ sealed
- ☐ switch-sats i Java
- ☐ flatten
- ☐ flatMap
- ☐ partiella funktioner
- ☐ collect
- ☐ implementera equals utan arv för Complex
- ☐ implementera equals med arv för Shape ???

## 8.1 TODO: Begrepp att förklara

Tänk igenom ordningen:

- java switch, scala match ...

## 8.2 Javas switch-sats

A switch in Java works with the byte, short, char, and int primitive data types. It also works with enumerated types (discussed in Enum Types), the String class, and a few special classes that wrap certain primitive types: Character, Byte, Short, and Integer

## 8.3 Javas switch-sats

```
public class Switch {
    public static void main(String[] args) {
        String favorite = "selleri";
        if (args.length > 0) {
            favorite = args[0];
        }
        System.out.println("Din favoritgrönsak: " + favorite);
        char firstChar = Character.toLowerCase(favorite.charAt(0));
        System.out.print("Jag tycker ");
        switch (firstChar) {
            case 'g':
                System.out.println("gurka är gott!");
                break;
            case 't':
                System.out.println("tomat är gott!");
                break;
            case 'b':
                System.out.println("brocolli är gott!");
                break;
            default:
                System.out.println(favorite + " är äckligt!");
                break;
        }
    }
}
```



## 8.4 TODO: Begrepp att förklara

Tänk igenom ordningen:

- java switch, scala match ...

## 8.5 Undantag

```
try  
catch
```

## 8.6 Övning: matching

### Mål

- ☐ Kunna skapa och använda **match**-uttryck med konstanta värden, gardar och mönstermatchning med case-klasser.
- ☐ Kunna skapa och använda case-objekt för matchningar på uppräknade värden.
- ☐ Känna till betydelsen av små och stora begynnelsebokstäver i case-grenar i en matchning, samt förstå hur namn binds till värden in en case-gren.
- ☐ Kunna hantera saknade värden med hjälp av typen `Option` och mönstermatchning på `Some` och `None`.
- ☐ Känna till hur metoden `unapply` används vid mönstermatchning.
- ☐ Känna till nyckelordet **sealed** och förstå nyttan med förseglade typer.
- ☐ Känna till **switch**-satser i Java.
- ☐ Känna till **null**.
- ☐ Kunna fånga undantag med **try-catch** och `scala.util.Try`.
- ☐ Känna till skillnaderna mellan **try-catch** i Scala och java.
- ☐ Kunna implementera `equals` med hjälp av en **match**-sats, som fungerar för finala klasser utan arv.
- ☐ Känna till relationen mellan `hashCode` och `equals`.
- ☐ Kunna använda `flatMap` tillsammans med `Option` och `Try`. ???
- ☐ Kunna skapa partiella funktioner med case-uttryck. ???

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 8.

### 8.6.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** Hur fungerar en **switch**-sats i Java (och flera andra språk)? Det händer ofta att man vill testa om ett värde är ett av många olika alternativ. Då kan man använda en sekvens av många **if-else**, ett för varje alternativ. Men det finns ett annat sätt i Java och många andra språk: man kan använda **switch** som kollar flera alternativ i en och samma sats, se t.ex. [en.wikipedia.org/wiki/Switch\\_statement](http://en.wikipedia.org/wiki/Switch_statement).

a) Skriv in nedan kod i en kodeditor. Spara med namnet `Switch.java` och kompilera filen med kommandot `javac Switch.java`. Kör den med `java Switch` och ange din favoritgrönsak som argument till programmet. Vad händer? Förklara hur **switch**-satsen fungerar.

```
1 public class Switch {
2     public static void main(String[] args) {
3         String favorite = "selleri";
4         if (args.length > 0) {
5             favorite = args[0];
6         }
7         System.out.println("Din favoritgrönsak: " + favorite);
```

```

8      char firstChar = Character.toLowerCase(favorite.charAt(0));
9      System.out.print("Jag tycker ");
10     switch (firstChar) {
11     case 'g':
12         System.out.println("gurka är gott!");
13         break;
14     case 't':
15         System.out.println("tomat är gott!");
16         break;
17     case 'b':
18         System.out.println("broccoli är gott!");
19         break;
20     default:
21         System.out.println(favorite + " är äckligt!");
22         break;
23     }
24 }
25 }

```

b) Vad händer om du tar bort **break**-satsen på rad 16?

**Uppgift 2.** *Matcha på konstanta värden.* I Scala finns ingen **switch**-sats. I stället har Scala ett **match**-uttryck som är mer kraftfullt. Dock saknar Scala nyckelordet **break** och Scalas **match**-uttryck kan inte "falla igenom" som skedde i uppgift 1b.

a) Skriv nedan program med en kodeditor och spara i filen `Match.scala`. Kompilera med `scalac Match.scala`. Kör med `scala Match` och ge som argument din favoritgrönsak. Vad händer? Förklara hur ett **match**-uttryck fungerar.

```

1  object Match {
2      def main(args: Array[String]): Unit = {
3          val favorite = if (args.length > 0) args(0) else "selleri"
4          println("Din favoritgrönsak: " + favorite)
5          val firstChar = favorite.toLowerCase.charAt(0)
6          val meThink = firstChar match {
7              case 'g' => "gurka är gott!"
8              case 't' => "tomat är gott!"
9              case 'b' => "broccoli är gott!"
10             case _   => favorite + " är äckligt!"
11          }
12          println("Jag tycker " + meThink)
13      }
14  }

```

b) Vad blir det för felmeddelande om du tar bort case-grenen för defaultvärdet och indata väljs så att inga case-grenar matchar? Är det ett körtidsfel eller ett kompileringsfel?



c) Beskriv några skillnader i syntax och semantik mellan Javas flervalssats **switch** och Scalas flervalsuttryck **match**.

**Uppgift 3.** *Gard i case-grenar.* Med hjälp en gard (eng. *guard*) i en case-gren kan man begränsa med ett villkor om grenen ska väljas.

Utgå från koden i uppgift 2a och byt ut case-grenen för 'g'-matchning till nedan variant med en gard med nyckelordet **if** (notera att det inte behövs parenteser runt villkoret):

```
case 'g' if math.random > 0.5 => "gurka är gott ibland..."
```

Kompilera om och kör programmet upprepade gånger med olika indata tills alla grenar i **match**-uttrycket har exekverats. Förklara vad som händer.

**Uppgift 4.** *Mönstermatcha på attributen i case-klasser.* Scalas **match**-uttryck är extra kraftfulla om de används tillsammans med **case**-klasser: då kan attribut extraheras automatiskt och bindas till lokala variabler direkt i case-grenen som nedan exempel visar (notera att *v* och *rutten* inte behöver deklarerats explicit). Detta kallas för **mönstermatchning**.

a) Vad skrivs ut nedan? Varför? Prova att byta namn på *v* och *rutten*.

```
1 scala> case class Gurka(vikt: Int, ärRutten: Boolean)
2 scala> val g = Gurka(100, true)
3 scala> g match { case Gurka(v,rutten) => println("G" + v + rutten) }
```

b) Skriv sedan nedan i REPL och tryck TAB två gånger efter punkten. Vad har `unapply`-metoden för resultattyp?

```
1 scala> Gurka.unapply // Tryck TAB två gånger
```

*Bakgrund för kännedom:* Case-klasser får av kompilatorn automatiskt ett kompanjonsobjekt (eng. *companion object*), i detta fallet **object** Gurka. Det objektet får av kompilatorn automatiskt en `unapply`-metod. Det är `unapply` som anropas "under huven" när case-klassernas attribut extraheras vid mönstermatchning, men detta sker alltså automatiskt och man behöver inte explicit nyttja `unapply` om man inte själv vill implementera s.k. extraherare (eng. *extractors*); om du är nyfiken på detta, se fördjupningsuppgift 18.

c) Anropa `unapply`-metoden enligt nedan. Vad blir resultatet?

```
1 scala> Gurka.unapply(g)
```

Vi ska i senare uppgifter undersöka hur typerna `Option` och `Some` fungerar och hur man kan ha nytta av dessa i andra sammanhang.

d) Spara programmet nedan i filen `vegomatch.scala` och kompilera med `scalac vegomatch.scala` och kör med `scala vegomatch.Main 1000` i terminalen. Förklara hur predikatet `ärÄtvärd` fungerar.

```
1 package vegomatch
2
3 trait Grönsak {
4   def vikt: Int
5   def ärRutten: Boolean
6 }
7
8 case class Gurka(vikt: Int, ärRutten: Boolean) extends Grönsak
9 case class Tomat(vikt: Int, ärRutten: Boolean) extends Grönsak
```

```

10
11 object Main {
12   def slumpvikt: Int = (math.random*500 + 100).toInt
13   def slumprutten: Boolean = math.random > 0.8
14   def slumpgurka: Gurka = Gurka(slumpvikt, slumprutten)
15   def slumptomat: Tomat = Tomat(slumpvikt, slumprutten)
16   def slumpgrönsak: Grönsak =
17     if (math.random > 0.2) slumpgurka else slumptomat
18
19   def ärÄtvärd(g: Grönsak): Boolean = g match {
20     case Gurka(v, rutten) if v > 100 && !rutten => true
21     case Tomat(v, rutten) if v > 50 && !rutten => true
22     case _ => false
23   }
24
25   def main(args: Array[String]): Unit = {
26     val skörd = Vector.fill(args(0).toInt)(slumpgrönsak)
27     val ätvärda = skörd.filter(ärÄtvärd)
28     println("Antal skördade grönsaker: " + skörd.size)
29     println("Antal ätvärda grönsaker: " + ätvärda.size)
30   }
31 }

```

**Uppgift 5.** Man kan åstadkomma urskiljningen av de ätbara grönsakerna i uppgift 4 med polymorfism i stället för **match**.

a) Gör en ny variant av ditt program enligt nedan riktlinjer och spara den modifierade koden i filen `vegopoly.scala` och kompilera och kör.

- Ta bort predikatet `ärÄtvärd` i objektet `Main` och inför i stället en abstrakt metod `def ärÄtbar: Boolean` i traiten `Grönsak`.
- Inför konkreta **val**-medlemmar i respektive grönsak som definierar ätbarheten.
- Ändra i huvudprogrammet i enlighet med ovan ändringar så att `ärÄtvärd` anropas som en metod på de skördade grönsaksobjekten när de ätvärda ska filtreras ut.

b) Lägg till en ny grönsak **case class** `Broccoli` och definiera dess ätbarhet. Ändra i slump-funktionerna så att broccoli blir ännu ovanligare än gurka.



c) Jämför lösningen med **match** i uppgift 4 och lösningen ovan med polymorfism. Vilka är för- och nackdelarna med respektive lösning. Diskutera två olika situationer på ett hypotetiskt företag som utvecklar mjukvara för jordbrukssektorn: 1) att uppsättningen grönsaker inte ändras särskilt ofta medan definitionerna av ätbarhet ändras väldigt ofta och 2) att uppsättningen grönsaker ändras väldigt ofta men att ätbarhetsdefinitionerna inte ändras särskilt ofta.

**Uppgift 6.** Matcha på case-objekt och nyttan med **sealed**. Skapa nedan kod i en editor, och klistra in i REPL med kommandot `:pa`. Notera nyckelordet **sealed** som används för att försegla en typ. En **förseglad typ** måste ha alla sina subtyper i en och samma kodfil.

```
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
```

a) Skapa en funktion **def** `parafärg(f: Färg): Färg` i en editor, som med hjälp av ett match-uttryck returnerar parallellfärgen till en färg. Parallellfärgen till Hjärter är Ruter och vice versa, medan parallellfärgen till Klöver är Spader och vice versa. Klistra in funktionen i REPL.

```
1 scala> parafärg(Spader)
2 scala> val xs = Vector.fill(5)(Färg.values((math.random * 4).toInt))
3 scala> xs.map(parafärg)
```

```
// kod till facit
def parafärg(f: Färg): Färg = f match {
  case Spader => Klöver
  case Hjärter => Ruter
  case Ruter => Hjärter
  case Klöver => Spader
}
```

b) Vi ska nu undersöka vad som händer om man glömmer en av case-grenarna i matchningen i `parafärg`? ”Glöm” alltså avsiktligt en av case-grenarna och klistra in den nya `parafärg` med den ofullständiga matchningen. Hur lyder varningen? Kommer varningen vid körtid eller vid kompilering?

c) Anropa `parafärg` med den ”glömda” färgen. Hur lyder felmeddelandet? Är det ett kompileringsfel eller ett körtidsfel?

d) Förklara vad nyckelordet **sealed** innebär och vilken nytta man kan ha av att **försegla** en supertyp. 

### Uppgift 7. Betydelsen av små och stora begynnelsebokstäver vid matchning.

För att åstadkomma att namn kan bindas till variabler vid matchning utan att de behöver deklarerats i förväg (som vi såg i uppgift 4a) så har identifierare med liten begynnelsebokstav fått speciell betydelse: den tolkas av kompilatorn som att du vill att en variabel binds till ett värde vid matchningen. En identifierare med stor begynnelsebokstav tolkas däremot som ett konstant värde (t.ex. ett case-objekt eller ett case-klass-mönster).

a) *En case-gren som fångar allt.* En case-gren med en identifierare med liten begynnelsebokstav som saknar gard kommer att matcha allt. Prova nedan i REPL, men försök lista ut i förväg vad som kommer att hända. Vad händer?

```

1 scala> val x = "urka"
2 scala> x match {
3     case str if str.startsWith("g") => println("kanske gurka")
4     case vadsomhelst => println("ej gurka: " + vadsomhelst)
5 }
6 scala> val g = "gurka"
7 scala> g match {
8     case str if str.startsWith("g") => println("kanske gurka")
9     case vadsomhelst => println("ej gurka: " + vadsomhelst)
10 }

```

b) *Fallgrop med små begynnelsbokstäver.* Innan du provar nedan i REPL, försök gissa vad som kommer att hända. Vad händer? Hur lyder varningarna och vad innebär de?

```

1 scala> val any: Any = "gurka"
2 scala> case object Gurka
3 scala> case object tomat
4 scala> any match {
5     case Gurka => println("gurka")
6     case tomat => println("tomat")
7     case _ => println("allt annat")
8 }

```

c) *Använd backticks för att tvinga fram match på konstant värde.* Det finns en utväg om man inte vill att kompilatorn ska skapa en ny lokal variabel: använd specialtecknet *backtick*, som skrivs ``` och kräver speciella tangentbordstryck.<sup>1</sup> Gör om föregående uppgift men omgärda nu identifieraren `tomat` i `tomat`-case-grenen med backticks, så här: `case `tomat` => ...`

**Uppgift 8.** *Använda Option och matcha på värden som kanske saknas.* Man behöver ofta skriva kod för att hantera värden som eventuellt saknas, t.ex. saknade telefonnummer i en persondatabas. Denna situation är så pass vanlig att många språk har speciellt stöd för saknande värden.

I Java<sup>2</sup> används värdet `null` för att indikera att en referens saknar värde. Man får då komma ihåg att testa om värdet saknas varje gång sådana värden ska behandlas, t.ex. med `if (ref != null) { ... } else { ... }`. Ett annat vanligt trick är att låta `-1` indikera saknade positiva heltal, till exempel saknade index, som får behandlas med `if (i != -1) { ... } else { ... }`.

I Scala finns en speciell typ `Option` som möjliggör smidig och typsäker hantering av saknade värden. Om ett kanske saknat värde packas in i en `Option` (eng. *wrapped in an Option*), finns det i en speciell slags samling som bara kan innehålla *inget* eller *något* värde, och alltså har antingen storleken `0` eller `1`.

a) Förklara vad som händer nedan.

```

1 scala> var kanske: Option[Int] = None

```

<sup>1</sup>Fråga någon om du inte hittar hur man gör backtick ``` på ditt tangentbord.

<sup>2</sup>Scala har också `null` men det behövs bara vid samverkan med Java-kod.

```

2 scala> kanske.size
3 scala> kanske = Some(42)
4 scala> kanske.size
5 scala> kanske.isEmpty
6 scala> kanske.isDefined
7 scala> def ökaOmFinns(opt: Option[Int]): Option[Int] = opt match {
8     case Some(i) => Some(i + 1)
9     case None    => None
10 }
11 scala> kanske.map(öka)

```

b) Mönstermatchingen ovan är minst lika knölig som en **if**-sats, men tack vare att en `Option` är en slags (liten) samling finns det smidigare sätt. Förklara vad som händer nedan.

```

1 val meningen = Some(42)
2 val ejMeningen = Option.empty[Int]
3 meningen.map(_ + 1)
4 ejMeningen.map(_ + 1)
5 ejMeningen.map(_ + 1).orElse(Some("saknas")).foreach(println)
6 meningen.map(_ + 1).orElse(Some("saknas")).foreach(println)

```

c) *Samlingsmetoder som ger en Option*. Förklara för varje rad nedan vad som händer. En av raderna ger ett felmeddelande; vilken rad och vilket felmeddelande?

```

1 val xs = (42 to 84 by 5).toVector
2 val e = Vector.empty[Int]
3 xs.headOption
4 xs.headOption.get
5 xs.headOption.getOrElse(0)
6 xs.headOption.orElse(Some(0))
7 e.headOption
8 e.headOption.get
9 e.headOption.getOrElse(0)
10 e.headOption.orElse(Some(0))
11 Vector(xs, e, e, e)
12 Vector(xs, e, e, e).map(_.lastOption)
13 Vector(xs, e, e, e).map(_.lastOption).flatten
14 xs.lift(0)
15 xs.lift(1000)
16 e.lift(1000).getOrElse(0)
17 xs.find(_ > 50)
18 xs.find(_ < 42)
19 e.find(_ > 42).foreach(_ => println("HITTAT!"))

```

d) Vilka är fördelarna med `Option` jämfört med **null** eller `-1` om man i sin kod glömmer hantera saknade värden? 

**TODO!!!** Till **facit**: något i stil med: kompileringsfel vs körtidsfel + dokumentation av returvärden i funktioner direkt i kod istf i kommentarer. Förklara att det är mer typsäkert jmf m null och förklara vad "typsäkert" innebär.

e) Studera dokumentationen för `Option` här och se om du känner igen några av metoderna som också finns på samlingen `Vector`: 





[www.scala-lang.org/api/current/index.html#scala.Option](http://www.scala-lang.org/api/current/index.html#scala.Option)

Förklara hur metoden `contains` på en `Option` fungerar med hjälp av dokumentationens exempel.

**Uppgift 9.** *Kasta undantag.* Om man vill signalera att ett fel eller en onormal situation uppstått så kan man **kasta** (eng. *throw*) ett **undantag** (eng. *exception*). Då avbryts programmet direkt med ett felmeddelande, om man inte väljer att **fånga** (eng. *catch*) undantaget.

a) Vad händer nedan?

```
1 scala> throw new Exception("PANG!")
2 scala> java.lang. // Tryck TAB efter punkten
3 scala> throw new IllegalArgumentException("fel fel fel")
4 scala> val carola = try {
5     throw new Exception("stormvind!")
6     42
7 } catch { case e: Throwable => println("Fångad av en " + e); -1 }
```

-  b) Nämn ett par undantag som finns i paketet `java.lang` som du kan gissa vad de innebär och i vilka situationer de kastas.
-  c) Vilken typ har variabeln `carola` ovan? Vad hade typen blivit om catch-grenen hade returnerat en sträng i stället?

**Uppgift 10.** *Fånga undantag i Java med en **try-catch**-sats.* Det finns som vi såg i förra uppgiften inbyggt stöd i JVM för att hantera när program avbryts på oväntade sätt, t.ex. på grund av division med noll eller ej förväntade indata från användaren. Skriv in nedan Java-program i en editor och spara i en fil med namnet `TryCatch.java` och kompilera med `javac TryCatch.java` i terminalen.

```
1 // TryCatch.java
2
3 public class TryCatch {
4     public static void main(String[] args) {
5         int input;
6         int output;
7         if (args[0].equals("safe")) {
8             try {
9                 input = Integer.parseInt(args[1]);
10                System.out.println("Skyddad division!");
11                output = 42 / input;
12            } catch (Exception e) {
13                System.out.println("Undantag fångat: " + e);
14                System.out.println("Dividerar ändå med säker default!");
15                input = 1;
16                output = 42 / input;
17            }
18        } else {
19            input = Integer.parseInt(args[0]);
20            System.out.println("Oskyddad division!");
21            output = 42 / input;
22        }
23    }
24 }
```

```

23     System.out.println("42 / " + input + " == " + output);
24 }
25 }

```


a) Förklara vad som händer när du kör programmet med olika indata:

```

1 $ java TryCatch 42
2 $ java TryCatch 0
3 $ java TryCatch safe 42
4 $ java TryCatch safe 0
5 $ java TryCatch

```

b) Vad händer om du "glömmer bort" raden 15 och därmed missar att initialisera input? Hur lyder felmeddelandet? Är det ett körtidsfel eller kompileringsfel?

c) Beskriv några skillnader och likheter i syntax och semantik mellan **try-catch** i Java respektive Scala. 

**Uppgift 11.** *Fånga undantag i Scala med `scala.util.Try`.* I paketet `scala.util` finns typen `Try` med stort `T` som är som en slags samling som kan innehålla antingen ett "lyckat" eller "misslyckat" värde. Om beräkningen av värdet lyckades och inga undantag kastas blir värdet wrappat i en `Success`, annars blir undantaget wrappat i en `Failure`. Man kan extrahera värdet, respektive undantaget, med mönstermatchning, men det är oftast smidigare att använda samlingsmetoderna `map` och `foreach`, i likhet med hur `Option` används. Det finns även en smidig metod `recover` på objekt av typen `Try` där man kan skicka med kod som körs om det uppstår en undantagssituation.

a) Förklara vad som händer nedan.

```

1 scala> def pang = throw new Exception("PANG!")
2 scala> import scala.util.{Try, Success, Failure}
3 scala> Try{pang}
4 scala> Try{pang}.recover{case e: Throwable => s"desarmerad bomb: $e"}
5 scala> Try{"tyst"}.recover{case e: Throwable => s"desarmerad bomb: $e"}
6 scala> def kanskePang = if (math.random > 0.5) "tyst" else pang
7 scala> def kanskeOk = Try{ kanskePang}
8 scala> val xs = Vector.fill(100)(kanskeOk)
9 scala> xs(13) match {
10     case Success(x) => ":"
11     case Failure(e) => ":( " + e
12 }
13 scala> x(13).isSuccess
14 scala> x(13).isFailure
15 scala> xs.count(_.isFailure)
16 scala> xs.find(_.isFailure)
17 scala> val badOpt = xs.find(_.isFailure)
18 scala> val goodOpt = xs.find(_.isSuccess)
19 scala> badOpt
20 scala> badOpt.get
21 scala> badOpt.get.get
22 scala> badOpt.map(_.getOrElse("bomben desarmerad!")).get
23 scala> goodOpt.map(_.getOrElse("bomben desarmerad!")).get

```

```

24 scala> xs.map(_.getOrElse("bomben desarmerad!")).foreach(println)
25 scala> xs.map(_.toOption)
26 scala> xs.map(_.toOption).flatten
27 scala> xs.map(_.toOption).flatten.size

```

b) Vad har funktionen `flatMap` för returtyp?



c) Varför får funktionen `flatMap` den härledda returtypen `String`?

**Uppgift 12.** **TODO!!!** *flatten och flatMap med Option och Try* Ska detta kanske hellre vara fördjupning???

**Uppgift 13.** **TODO!!!** *partiella funktioner och metoderna collect och collectFirst på samlingar* Ska detta kanske hellre vara fördjupning???

**Uppgift 14.** *Metoden equals.* Om man överskuggar den befintliga metoden `equals` så kommer metoden `==` att fungera annorlunda. Man kan då själv åstadkomma innehållslighet i stället för referenslighet. Vi börjar att studera den befintliga `equals` med referenslighet.

a) Vad händer nedan? Om du trycker TAB två gånger efter ett metodnamn får du se metodens signatur. Vilken signatur har metoden `equals`?

```

1 scala> class Gurka(val vikt: Int, ärÄtbar: Boolean)
2 scala> val g1 = new Gurka(42, true)
3 scala> val g2 = g1
4 scala> val g3 = new Gurka(42, true)
5 scala> g1 == g2
6 scala> g1 == g3
7 scala> g1.equals // tryck TAB två gånger

```



b) Rita minnessituationen efter rad 4.

c) Överskugga metoderna `equals` och `hashCode`.

*Bakgrund för kännedom:* Det visar sig förvånande komplicerat att implementera innehållslighet med metoden `equals` så att den ger bra resultat under alla speciella omständigheter. Till exempel måste man även överskugga en metod vid namn `hashCode` om man överskuggar `equals`, eftersom dessa båda används gemensamt av effektivitetsskäl för att skapa den interna lagringen av objekten i vissa samlingar. Om man missar det kan objekt bli "osynliga" i `hashCode`-baserade samlingar – men mer om detta i senare kurser. Om objekten ingår i en öppen arvshierarki blir det också mer komplicerat; det är enklare om man har att göra med finala klasser. Dessutom krävs speciella hänsyn om klassen har en typparameter.

Definiera klassen nedan i REPL med överskuggade `equals` och `hashCode`; den ärver inte något och är final.

```

// fungerar fint om klassen är final och inte ärver något
final class Gurka(val vikt: Int, ärÄtbar: Boolean) {
  override def equals(other: Any): Boolean = other match {
    case that: Gurka => this.vikt == that.vikt
    case _ => false
  }
}

```

```
override def hashCode: Int = (vikt, ärÄtbar).## //förklaras sen
}
```

d) Vad händer nedan?

```
1 scala> val g1 = new Gurka(42, true)
2 scala> val g2 = g1
3 scala> val g3 = new Gurka(42, true)
4 scala> g1 == g2
5 scala> g1 == g3
```

e) Hur märker man ovan att den överskuggade equals medför att == nu ger innehållslighet? Jämför minnessituationen efter rad 3 med uppgift a. 

f) *Klassen Complex och metoden equals*. Implementera klassen Complex som representerar ett komplext tal med realdel och imaginärdel. I stället för att, som man ofta gör i Scala, använda en case-klass och en equals-metod som automatiskt ger innehållslighet, ska du träna på att implementera en egen equals.

```
class Complex(re: Double, im: Double) extends Number {
  def abs: Double = math.hypot(re, im)
  override def toString = s"Complex($re, $im)"
  override def equals(other: Any): Boolean = ???
  override def hashCode: Int = ???
}
case object Complex {
  def apply(re: Double, im: Double): Complex = new Complex(re, im)
}
```

**Uppgift 15.** **TODO!!!** Implementera en egen, typsäker innehållstest med metoden ==. Ska detta vara med ???

## 8.6.2 Extrauppgifter

**Uppgift 16.** Gör motsvarande program i Scala som visas i uppgift 10, men utnyttja att Scalas **try-catch** är ett uttryck. Kompilera och kör och testa så att de ur användarens synvinkel fungerar precis på samma sätt. Notera de viktigaste skillnaderna mellan de båda programmen.

## 8.6.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 17.** **TODO!!!** Speciella matchningar. @ och \_\*

**Uppgift 18.** **TODO!!!** Skapa din egen extraktor med metoden unapply.

**Uppgift 19.** **TODO!!!** Överskugga equals vid arv för Complex och Rational nedan??? Ska detta vara fördjupning???

```
trait Number {  
  override def equals(other: Any): Boolean = ???  
}  
class Complex(re: Double, im: Double) extends Number {  
  override def equals(other: Any): Boolean = ???  
}  
class Rational(numerator: Int, denominator: Int) extends Number {  
  override def equals(other: Any): Boolean = ???  
}
```

## 8.7 Laboration: chords - team

### Mål

- ☐ Kunna använda mönstermatchning
- ☐ Känna till exceptions
- ☐ Förstå hur Try fungerar

### Förberedelser

- ☐ Gör övning matching i kapitel 8.
- ☐ Läs om exceptions och felhantering.
- ☐ Bonus: ha tillgång till en dator där ni kan spela upp ljud.

### 8.7.1 Bakgrund

Inom musik utgår man från en skala med 12 olika toner (C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, B). Nästa ton efter B är C och tillhör nästa oktav. Ett ackord är uppbyggt av ett antal olika toner som spelas tillsammans. Laborationen kommer att utgå från två olika instrument: gitarr och ukulele. Skillnaden mellan dessa två instrument är antalet strängar och vilken tonart de är stämde i. Båda instrumenten har en greppbräda med ett antal olika band. Ett ackord spelas genom att man med ett finger trycker ner på strängen på band  $i$ . Om strängen spelas kommer tonen att vara ett halvt tonsteg högre än om man håller ner strängen på plats  $i - 1$ .

Laborationen kommer att bestå av ett textbaserat användargränssnitt där man kommer att ha möjlighet att bland annat lägga till nya ackord, rita upp ackord och spela ackord. En ton anges på följande format "E2", vilket innebär andra oktaven tonen E. Rekommenderad stämning för gitarr resp. ukulele är: E2, A2, D3, G3, B3, E4 resp. G4, C4, E4, A4. Denna stämning kommer att fungera för de fördefinierade ackorden i filen chords.txt.

Om ni är fler än fyra i gruppen behöver ni även göra extrauppgiften, men om ni däremot enbart är tre behöver ni inte implementera play.

### 8.7.2 Obligatoriska uppgifter

**Uppgift 1.** Notes. Objektet ska kunna omvandla en tons namn (t.ex. "E2") till en heltalsrepresentation och tvärtom.

- a) Implementera först metoden `fromNbrToNote` med hjälp av %-operatoren
- b) Implementera metoden `unapply` som ska ta in en sträng som innehåller tonens namn och oktavnummer (t.ex. "C2"). Tänk på att en not kan vara på formen "C2" och "C#2". "E2" kommer översättas till 16 och "C1" till 0 och tänk på att hantera specialfallet då till exempel "C#1" ska ge värdet 1. Även felaktiga ackord ska hanteras, t.ex. om användaren anger två bokstäver eller inte anger oktavnummer. Använd attributet `toNumber` för att översätta en ton

("C#", "E") till ett nummer. Titta gärna på vad metoden `zipWithIndex.toMap` gör och använd den i `toNumber`.

c) Använd `TestNotes` som ligger i paketet `test` för att se till så att `Notes` är rätt implementerat. Starta `TestNotes` och rätta till eventuella fel.

**Uppgift 2.** Chord. Representation av de två olika ackorden. Lägg märke till hur stämning (eng. *tuning*) och ett grepp (eng. *grip*) representeras i `Chord`. -1 i ett grepp betyder att strängen inte ska spelas.

a) Implementera `toString` i `Chord` så att den matchar utskriften i filen *chords.txt*. I klassen `Guitar` ska `toString` vara på formen `git:D:-1 -1 0 2 3 2`

b) Implementera metoden `isIncludedBy`. Använd `.split(";")` för att dela upp strängen `filter` i de olika filtersträngarna. För varje filtersträng ska det kollas om denna förekommer i strängen som returneras från `toString`. Exempel på filtersträng: `git:G;B;uku`. **Tänk på att metoden förall kollar om ett villkor gäller för alla möjligheter. I det här fallet räcker det att det gäller för ett av fallen**

c) Implementera `isGit` och `isUku` som jämför början av strängen `s` och returnerar `true` om strängen matchar ett gitarrackord resp. ukuleleackord.

d) Implementera klassen `Guitar`. `toString` ska vara på samma format som i filen *chords.txt*. `tuning` ska vara en strängrepresentation av gitarrens stämning, alltså `E2 A2 D3 G3 B3 E4`.

e) Skapa en ny klass `Ukulele` som har liknande beteende som `Guitar`.

f) Implementera `instToChord` med hjälp av `matching` och låt basfallet (om ackordet är varken gitarrackord eller ukuleleackord) returnera `None`.

**Uppgift 3.** database. Kommer att hålla reda på alla ackord i programmet. Testa varje metod innan nästa blir implementerad. Det blir då lättare att upptäcka fel i koden. Metoderna kan testas genom att skriva ett testprogram eller efterhand som uppgift 4 implementeras.

a) Börja med att implementera `add` och `allChords`.

b) Implementera `find` och `updateFilter`. `find` ska returnera alla ackord som innehåller söksträngen, alltså inte bara första förekomsten. Metoden `find` i `Vector` returnerar enbart första förekomsten. `updateFilter` ska ändra filtersträngen i database till den angivna strängen.

c) Implementera `filteredChords` och `sort` med hjälp av metoden `isIncludedBy` i `Chord`. Tom filtersträng innebär att inget filter appliceras. Vid `sort` kan man ta hjälp av metoden `sortBy` i `Vector`. När man listar alla ackord ska man skriva ut enbart de ackord som matchar det applicerade filtret. Listan ska vara numrerad så att man utgår från dessa nummer när man väljer ackord i listan.

d) Implementera `delete`. **Tänk på att delete ska radera ackordet på plats i i filteredChords och inte i allChords.** För detta kan man använda filter för att filtrera ut det ackord på plats *i* i `filteredChords` så här:

```
db.filter(_ != filteredChords(i)).
```

#### Uppgift 4. textui

- a) Provkör programmet och prova några olika kommandon (t.ex. add, del, help). Använd metoderna i database för att implementera kommandona.
- b) Titta på objektet Help. Använd liknande matchning för att ta hand om alla fall för de olika kommandona.

- Add. Argumenten måste först bli en sträng med hjälp av mkString(" ") för att sedan delas upp vid ';'. Användaren kan skriva in felaktiga ackord, vilket måste hanteras. Metoden fromString i Chord retunerar ett Option[Chord]. Titta närmare på metoden flatMap.
- Lst. Använd matching för att ta hand om fallet när användaren anger argument till kommandot, vilket inte ska vara med. Använd metoden i database. Listan ska vara numrerad från 1.
- Del. Använd matching för att ta hand om felfallen inget argument och fler än ett argument. Ett tredje felfall är om användaren anger något annat än en siffra som argument. Använd Try och matching för att ta hand om felet.
- Filter. Använd metoderna i database. De filtrerade ackorden behöver inte skrivas ut efter filtrering, utan användaren behöver använda kommandot list för att lista de filtrerade ackorden.
- Find. Använd matching för att ta hand om felfallen inget argument eller fler än ett argument.
- Load. Använd matching för att ta hand om felfallen inget argument eller fler än ett argument. Använd metoden load i objektet io för att läsa in från den angivna filen. Metoden kommer att likna metoden Add.
- Save. Använd matching för att ta hand om felfallen inget argument eller fler än ett argument. Använd metoden save i objektet io för att skriva till den angivna filen. Om filen inte finns kommer den att skapas.
- Sort. Använd matching för att ta hand om fallet när användaren anger argument till kommandot, vilket inte behövs. Använd metoden i database.
- Quit. Använd matching för att ta hand om fallet när användaren anger argument till kommandot, vilket inte behövs. Skapa en hjälpmetod quitPrompt som returnerar en Boolean med värdet **true** om användaren anger 'y', False om användaren anger 'n' och som körs igen vi felaktigt svar (allt annat än 'y' och 'n'). Även 'Y' och 'N' ska vara ett acceptabelt svar.



**Uppgift 5.** ChordPlayer. Ska spela upp enstaka ackord chord med en viss längd time i millisekunder.

- a) Titta vilka parametrar metoden play i SimpleNotePlayer behöver. Heltalet note ska vara heltalsrepresentationen av en ton.
- b) För att omvandla ett ackord till toner behöver först stämningen, tuning, omvandlas till sin heltalsrepresentation och sen ska greppet, grip, adderas till stämningen för varje sträng. Varje strängs ton ska sedan spelas upp under den angivna tiden. Koden för att spela ackordet ska placeras ovanför den existerande koden. **Tänk på att strängar med greppet -1 inte ska spelas**
- c) Lägg till menyvalet play i textiu. Använd matching för att bryta ut de olika argumenten och för att ta hand om felfallet inga argument. Första argumentet är tempo i millisekunder och resten är siffror som motsvarar platsen för ackordet i den filtrerade listan. Varje sträng i argumentlistan ska omvandlas till Int och det är viktigt att ta hand om fallet då användaren anger något annat än en siffra. Använd Try och matching för att ta hand om felet. Använd ChordPlayer för att spela upp ett ackord. **Kom ihåg att lägga till kommandot i listan med kommandon i doCommand**

### 8.7.3 Extrauppgifter

**Uppgift 6.** ChordDraw

- a) Rita upp en greppbräda liknande bilden nedan (kryssen läggs till i kommande uppgifter). Antalet strängar ska variera beroende på instrument.



- b) Skapa en hjälpmetod `cross` som tar in två heltal  $x$  och  $y$ . Metoden ska rita upp ett kryss som är 20x20 pixlar och har sitt centrum i den angivna koordinaten.
- c) Rita ut ett kryss där en sträng trycks ner. **Tänk på att -1 och 0 anger att en sträng inte trycks ner.**
- d) Implementera metoden `play` som börjar med att vänta på ett event från `SimpleWindow`, sedan kollar om eventet är av typen `SimpleWindow.MOUSE_EVENT`. Sedan ska man kolla om användaren tryckte på någon sträng (ett intervall på -10 till +10 i förhållande till strängens x-koordinat kan anses vara på strängen). Om användaren tryckt på en sträng ska denna spelas med hjälp av `SimpleNotePlayer`. Metoden `play` ska köras tills användaren kryssar ner fönstret, vilket motsvarar `SimpleWindow.CLOSE_EVENT`.
- e) Lägg till menyvalet `draw` i `textui`. Använd `matching` för att ta hand om felfallen inget argument eller fler än ett argument. Argumentet motsvarar ackordets plats i den filtrerade litan. Använd `Try` och `matching` för att ta hand om felet att användaren anger något annat än en siffra. Använd `ChordDraw` för att rita upp ackord. **Kom ihåg att lägga till kommandot i listan med kommandon i `doCommand`**

# Kapitel 9

## Matriser, Typparametrar

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ matris
- ☐ nästlade for-satser
- ☐ designexempel: Tre-i-rad
- ☐ generisk funktion
- ☐ generisk klass
- ☐ matriser i Java vs Scala

## 9.1 Övning: matrices

### Mål

- ☐ Kunna skapa och använda matriser med nästlade strukturer av Vector.
- ☐ Kunna iterera över elementen i en matris med nästlade **for**-satser och **for-foreach**-uttryck, samt nästlad applicering av map respektive foreach.
- ☐ Kunna skapa och använda funktioner som tar matriser som parametrar.
- ☐ Känna till generiska funktioner.
- ☐ Känna till generiska klasser.
- ☐ Kunna använda enkla matriser i Javas inbyggda arrayer.
- ☐ Kunna använda nästlade **for**-satser i Java för att iterera över elementen i en matris.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 9.

### 9.1.1 Grunduppgifter


**Uppgift 1.** Skapa matriser med hjälp av nästlade samlingar. Man kan i ett datorprogram, med hjälp av samlingar som innehåller samlingar, skapa nästlade strukturer som kan indexeras i två dimensioner och på så sätt representera en matematisk **matris**.<sup>1</sup>

*Bakgrund för kännedom:* En **matris** inom matematiken innehåller ett antal rader och kolumner (även kallade kolonner). I en matematisk matris har alla rader lika många element och även alla kolumner har lika många element. En matris av dimension  $m \times n$  har  $m \cdot n$  stycken element, där  $m$  är antalet rader och  $n$  är antalet kolumner. En matris  $A_{m,n}$  av dimension  $m \times n$  ritas ofta så här:

$$A_{m,n} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \cdots & a_{m,n} \end{pmatrix}$$

Exempel: En heltalsmatris  $M_{2,5}$  av dimension  $2 \times 5$  där element  $m_{2,5} = 7$ :

$$M = \begin{pmatrix} 5 & 2 & 42 & 4 & 5 \\ 3 & 4 & 18 & 6 & 7 \end{pmatrix}$$

a) Rita minnessituationen efter tilldelningen på rad 1 nedan. Vad har `m` för typ och värde? Vad har `m` för dimensioner? Hur sker indexeringen i ett datorprogram jämfört med i matematiken? 

```
1 scala> val m = Vector((1 to 5).toVector, (3 to 7).toVector)
2 scala> m.apply(0).apply(1)
3 scala> m(1)
4 scala> m(1)(4)
```

<sup>1</sup>[sv.wikipedia.org/wiki/Matris](http://sv.wikipedia.org/wiki/Matris)

- b) Vad ger uttrycken på raderna 2, 3 och 4 ovan för värden och typ?
- c) Man kan i ett datorprogram mycket väl skapa tvådimensionella, nästlade strukturer där raderna *inte* innehåller samma antal element. Det blir då ingen äkta matris i strikt matematisk mening, men man kallar ofta ändå en sådan struktur för en ”matris”. Vilken typ har variablerna m2, m3, m4 och m5 nedan?

```
1 scala> val m2 = Vector(Vector(1,2,3),Vector(4,5),Vector(42))
2 scala> val m3 = Vector(Vector(1,2), Vector(1.0, 2.0, 3.0))
3 scala> m3(1)
4 scala> val m4 = m3(1) += Vector("a") += m3
5 scala> val m5 = Vector.fill(42){ m2(1).map(e => (e * math.random).toInt) }
```

-  d) Rita minnessituationen efter tilldelingen av m2 på rad 1 ovan.
-  e) Vilken av variablerna m2, m3, m4 och m5 ovan representerar en äkta matris i matematisk mening? Vilken är dess dimensioner?

**Uppgift 2.** Skapa och itererar över matriser. Vi ska skapa matriser där varje rad representerar 5 kast med en tärning spelet Yatzy.<sup>2</sup>

- a) Definiera i REPL en funktion **def** throwDice: Int = ??? som returnerar ett slumpstal mellan 1 och 6.

```
// kod till facit
def throwDice: Int = (math.random * 6).toInt + 1
```

- b) Skapa nedan heltalsmatris i REPL. Vilken dimension får matrisen?

```
1 val ds1 = for (i <- 1 to 1000) yield {
2     for (j <- 1 to 5) yield throwDice
3 }
```

-  c) Man kan också använda nedan varianter för att skapa en heltalsmatris. Vilken av varianterna ds1 ... ds5 tycker du är lättast att läsa och förstå? Prova respektive variant i REPL och ange vilken typ på ds1 ... ds5 som härleds av kompilatorn.

```
1 val ds2 = (1 to 1000).map(i => (1 to 5).map(j => throwDice))
2 val ds3 = (1 to 1000).map(i => Vector.fill(5)(throwDice))
3 val ds4 = for (i <- 1 to 1000) yield Vector.fill(5)(throwDice)
4 val ds5 = Vector.fill(1000)(Vector.fill(5)(throwDice))
```

- d) Definiera en funktion  
**def** roll(n: Int): Vector[Int] = ???  
 som ger en heltalsvektor med  $n$  stycken slumpvisa tärningskast. Kasten ska vara sorterade i växande ordning; använd för detta ändamål samlingsmetoden sorted.

```
// kod till facit
def roll(n: Int) = Vector.fill(n)(throwDice).sorted
```

<sup>2</sup>[sv.wikipedia.org/wiki/Yatzy](http://sv.wikipedia.org/wiki/Yatzy)

e) Definera i REPL en funktion `isYatzy(xs: Vector[Int]): Boolean = ???` som testar om alla elementen i en heltalsvektor är samma. Använd samlingsmetoden `forall`.

```
// kod till facit
def isYatzy(xs: Vector[Int]): Boolean = xs.forall(_ == xs(0))
```

f) Implementera `isYatzy` igen med ett imperativt angreppssätt som använder en **while**-sats (alltså utan att använda funktionella `forall`). Ta hjälp av en variabel `i` som håller reda på index och en variabel `foundDiff` som håller reda på om ett avvikande värde upptäcks. Funktionen blir ca 10 rader, så det kan vara lämpligt att öppna en editor att skriva i medan du klurar ut lösningen. Börja med att skriva pseudokod, gärna med penna på papper. Prova genom att klistra in i REPL.

```
// kod till facit
def isYatzy(xs: Vector[Int]): Boolean = {
  var foundDiff = false
  var i = 0
  while (i < xs.size && !foundDiff){
    foundDiff = xs(i) != xs(0)
    i += 1
  }
  !foundDiff
}
```

g) Skapa en funktion

`def diceMatrix(m: Int, n: Int): Vector[Vector[Int]] = ???`  
som med hjälp av funktionen `roll` skapar en matris med `m` st vektorer med vardera `n` slumpvisa tärningskast.

```
// kod till facit
def diceMatrix(m: Int, n: Int): Vector[Vector[Int]] =
  Vector.fill(m)(roll(n))
```

h) Skapa en funktion som returnerar en utskriftsvänlig sträng

`def diceMatrixToString(xss: Vector[Vector[Int]]): String = ???`  
med hjälp av `map` och `mkString`, som fungerar enligt nedan.

```
1 scala> println(diceMatrixToString(diceMatrix(10, 5)))
2 4 5 5 3 3
3 1 4 1 3 1
4 1 3 1 5 5
5 6 4 4 5 5
6 2 1 5 6 5
7 1 2 2 3 6
8 1 3 2 4 5
9 2 2 3 2 2
10 2 6 3 4 6
11 4 5 5 2 3
```

```
// kod till facit
def diceMatrixToString(xss: Vector[Vector[Int]]): String =
  xss.map(_.mkString(" ")).mkString("\n")
```

- i) Ett imperativt sätt<sup>3</sup> att göra detta på visas nedan. Förklara hur nedan kod fungerar. Vad händer om `xss` är tom? Vad händer om `xss` bara innehåller tomma vektorer? Nämn en fördel och en nackdel med att använda `val sb: StringBuilder` och `append`, jämfört med en vanlig `var s: String` och `+` för tillägg i slutet.

```
def diceMatrixToString(xss: Vector[Vector[Int]]): String = {
  val sb = new StringBuilder()
  for(m <- 0 until xss.size) {
    for(n <- 0 until xss(m).size) {
      sb.append(xss(m)(n))
      if (n < xss(m).size - 1) sb.append(" ")
      else if (m < xss.size - 1) sb.append("\n")
    }
  }
  sb.toString
}
```

- j) Implementera funktionen

```
def filterYatzy(xss: Vector[Vector[Int]]): Vector[Vector[Int]]
```

som filtrerar fram alla yatzy-rader i matrisen `xss` enligt nedan. Använd din funktion `isYatzy` och samlingsmetoden `filter`.


```
1 scala> println(diceMatrixToString(filterYatzy(diceMatrix(10000, 5))))
2 2 2 2 2
3 3 3 3 3
4 1 1 1 1 1
5 3 3 3 3 3
6 4 4 4 4 4
7 6 6 6 6 6
8 2 2 2 2 2
9 3 3 3 3 3
10 2 2 2 2 2
11 6 6 6 6 6
12 4 4 4 4 4
13 2 2 2 2 2
14 4 4 4 4 4
```

```
// kod till facit
def filterYatzy(xss: Vector[Vector[Int]]): Vector[Vector[Int]] =
  xss.filter(isYatzy)
```

<sup>3</sup>Imperativa anreppssätt är nödvändiga att kunna när du stöter på samlingar och/eller språk som saknar funktionsprogrammeringsmöjligheter med `map`, `mkString` etc.

k) Gör som träning en imperativ implementation av `filterYatzy` med en **for**-sats (alltså utan att använda `filter`, och utan att använda **yield**).

```
// kod till facit
def filterYatzy(xss: Vector[Vector[Int]]): Vector[Vector[Int]] = {
  var result: Vector[Vector[Int]] = Vector()
  for (i <- 0 until xss.size) {
    if (isYatzy(xss(i))) result = result :+ xss(i)
  }
  result
}
```

l) Tycker du din imperativa lösning är lättare eller svårare att läsa och förstå jämfört nedan funktionella lösning med ett **for**-uttryck och **yield**? 

```
def filterYatzy(xss: Vector[Vector[Int]]): Vector[Vector[Int]] = {
  for (i <- 0 until xss.size if isYatzy(xss(i))) yield xss(i)
}.toVector
```

m) Implementera funktionen

**def** `yatzyPips(xss: Vector[Vector[Int]]): Vector[Int]`  
som ger en vektor med tärningsvärdena för de kast i matrisen `xss` som gav yatzy enligt nedan. Använd din funktion `isYatzy` och samlingsmetoden `filter`.

```
1 scala> yatzyPips(diceMatrix(10000, 5))
2 res42: Vector[Int] = Vector(3, 5, 6, 6, 3, 3, 2, 6, 1, 3)
```

```
// kod till facit
def yatzyPips(xss: Vector[Vector[Int]]): Vector[Int] =
  xss.filter(isYatzy).map(_.head)
```

**Uppgift 3. Strängtabell med rubrikrad.** Denna övning utgör en början på det du ska göra under veckans laboration.

a) Implementera case-klassen `Table` enligt nedan specifikation. Du kan förut-sätta att alla rader har lika många kolumner som antalet element i headings, samt att alla rubrikerna i headings är unika. Detta förutsätts också gälla för indatafiler som läses in med `fromFile`.

*Tips:*

- Värdet `index0fHeading` kan skapas med hjälp av metoden `zipWithIndex` som fungerar på alla sekvenssamlingar, samt metoden `toMap` som fungerar på sekvenser av 2-tupler. Undersök först hur metoderna fungerar i REPL och sök upp deras dokumentation.
- Skapa en indatafil som du kan använda för att testa att `Table` fungerar.

#### Specification Table

```
case class Table(
  data: Vector[Vector[String]],
  headings: Vector[String],
```



```

sep: String){
  /** A 2-tuple with (number of rows, number of columns) in data */
  val dim: (Int, Int) = ???

  /** The element in row r an column c of data, counting from 0 */
  def apply(r: Int, c: Int): String = ???

  /** The row-vector r in data, counting from 0 */
  def row(r: Int): Vector[String]= ???

  /** The column-vector c in data, counting from 0 */
  def col(c: Int): Vector[String] = ???

  /** A map from heading to index counting from 0 */
  lazy val indexOfHeading: Map[String, Int] = ???

  /** The column-vector with heading h in data */
  def col(h: String): Vector[String] = ???

  /** A vector with the distinct, sorted values of col with heading h */
  def values(h: String): Vector[String] = ???

  /** Headings and data with columns separated by sep */
  override lazy val toString: String = ???
}
object Table {
  /** Creates a new Table from fileName with columns split by sep */
  def fromFile(fileName: String, separator: Char = ';'): Table = ???
}

```

```

// kod till facit

case class Table(
  data: Vector[Vector[String]],
  headings: Vector[String],
  sep: String){

  val dim: (Int, Int) = (data.size, headings.size)

  def apply(r: Int, c: Int): String = data(r)(c)

  def row(r: Int): Vector[String]= data(r)

  def col(c: Int): Vector[String] = data.map(r => r(c))

  lazy val indexOfHeading: Map[String, Int] = headings.zipWithIndex.toMap

  def col(h: String): Vector[String] = col(indexOfHeading(h))

  def values(h: String): Vector[String] = col(h).distinct.sorted

  override lazy val toString: String =
    headings.mkString(sep) + "\n" +data.map(_.mkString(sep)).mkString("\n")
}
object Table {

```

```
def fromFile(fileName: String, separator: Char = ';'): Table = {
  val lines = scala.io.Source.fromFile(fileName).getLines().toVector
  val matrix = lines.map(_.split(separator).toVector)
  new Table(matrix.tail, matrix.head, separator.toString)
}
```

b) Skapa med hjälp av Table ett program som kan köras från terminalen med `scala regtable infile.csv ';'`  som ger en utskrift av antalet förekomster av respektive unika värde i respektive kolumn (alltså en variant av registrering).

**Uppgift 4. Generiska funktioner.** En generisk funktion har (minst) en typparameter inom klammerparenteser efter namnet, till exempel `[T]`. Denna typ förekommer sedan som typ på (någon av) parametrarna i parameterlistan. Kompilatorn härleder en konkret typ vid kompileringstid och ersätter typparametern med denna konkreta typ. På så sätt kan en funktion fungera för många olika typer.

a) Förklara för varje rad nedan vad som händer.

```
1 scala> def tnirp[T](x: T): Unit = println(x.toString.reverse)
2 scala> tnirp(42)
3 scala> tnirp("hej")
4 scala> case class Gurka(vikt: Int)
5 scala> tnirp(Gurka(42))
6 scala> tnirp[String](42)
7 scala> tnirp[Double](42)
```

b) Man kan kombinera generiska funktioner med funktioner som tar funktioner som parametrar. Det är så `map` och `foreach` är implementerade. Förklara för varje rad nedan vad som händer.

```
1 scala> def compose[A, B, C](f: A => B, g: B => C)(x: A): C = g(f(x))
2 scala> def inc(x: Int): Int = x + 1
3 scala> def half(x: Int): Double = x / 2.0
4 scala> compose(inc, half)(42)
5 scala> compose(half, inc)(42)
```

c) Hur lyder felmeddelandet på sista raden ovan? Ändra `inc` och/eller `half` så att typerna passar.

**Uppgift 5. Generiska klasser.** Även klasser kan vara generiska. En generisk klass har (minst) en typparameter inom klammerparenteser efter klassens namn.

a) Testa nedan generiska klass `Cell[T]` i REPL. Skapa instanser av klassen `Cell[T]` där typparametern `T` binds till olika konkreta typer och förklara vad som händer.

```
1 scala> class Cell[T](var value: T){
2     override def toString = "Cell(" + value + ")"
3 }
```

```

4 scala> new Cell(42)
5 scala> new Cell("hej")
6 scala> new Cell(new Cell(math.Pi))
7 scala> new Cell[String](42)
8 scala> new Cell[Double](42)

```

b) Lägg till metoden **def** `concat[U](that: Cell[U]): Cell[String]` i klassen `Cell` som konkatenerar strängrepresentationerna av de båda cellvärdena.

```

1 scala> val a = new Cell("hej")
2 scala> val b = new Cell(42)
3 scala> a concat b

```

```

// kod till facit
class Cell[T](var value: T){
  override def toString = "Cell(" + value + ")"
  def concat[U](that: Cell[U]): Cell[String] =
    new Cell(value.toString + that.value.toString)
}

```



c) Vad händer om du i stället för typparameternamnet `U` i `concat` använder namnet `T`?

**Uppgift 6.** Skapa en generisk, oföränderlig matrisklass. Med hjälp av en typparameter kan vi skapa en matrisklass som kan innehålla vilka element som helst. Implementera nedan specifikation. Testa din matrisklass i REPL för olika typer av element.

#### Specification `Matrix[T]`

```

case class Matrix[T](data: Vector[Vector[T]]) {

  /** The element at row r and column c */
  def apply(r: Int, c: Int): T = ???

  /** Gives Some[T](element) at row r and column c
   * if r and c are within index bounds, else None */
  def get(r: Int, c: Int): Option[T] = ???

  /** The row vector of row r */
  def row(r: Int): Vector[T] = ???

  /** The column vector of column c */
  def col(c: Int): Vector[T] = ???

  /** A new Matrix with element at row r and col c updated */
  def updated(r: Int, c: Int, value: T): Matrix[T] = ???
}

object Matrix {
  def empty[T]: Matrix[T] = new Matrix[T](Vector())
  def ofRowSize[T](rowSize: Int)(elements: T*): Matrix[T] =
    new Matrix(elements.toVector.grouped(rowSize).toVector)
}

```

**Uppgift 7. Matriser med array i Java.** Om man redan vid allokering vet hur många element en matris ska ha, använder man i Java gärna en array av arrayer. En heltalsmatris (en array av array av heltal) skrivs i Java med dubbla hakparentespar `int[][]` direkt efter typen. Vid allokering använder man nyckelordet `new` och antalet element i respektive dimension anges inom hakparenteserna; t.ex. så ger `new int[42][21]` en matris med 42 rader och 21 kolumner, vilket motsvarar att man i Scala skriver<sup>4</sup> `Array.ofDim[Int](42,21)`. Alla element får defaultvärdet för typen, som är 0 för typen `Int` i Scala, motsvarande `int` i Java.

a) Skriv nedan program i en editor och spara koden i filen `ArrayMatrix.java` och kompilera med `javac ArrayMatrix.java` och kör i terminalen med `java ArrayMatrix` och undersök utskriften. Förklara vad som händer. Notera några skillnader i hur matriser används i Scala och Java.

```
// ArrayMatrix.java

public class ArrayMatrix {

    public static void showMatrix(int[][] m){
        System.out.println("\n--- showMatrix ---");
        for (int row = 0; row < m.length; row++){
            for (int col = 0; col < m[row].length; col++) {
                System.out.print "[" + row + " ]");
                System.out.print "[" + col + " ] = ";
                System.out.print(m[row][col] + " ; ");
            }
            System.out.println();
        }
    }

    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("ArrayMatrix test");
        int[][] xss = new int[10][5];
        showMatrix(xss);
    }
}
```

b) Implementera nedan metod `fillRnd` med kod som fyller matrisen `m` med slumpstal mellan 1 och `n`.

```
public static void fillRnd(int[][] m, int n){
    /* ??? * /
}
```

<sup>4</sup>Ett annat, längre men kanske tydligare, sätt att skriva detta i Scala där initialvärdet framgår explicit: `Array.fill(42)(Array.fill(21)(0))`

*Tips:* med detta uttryck skapas ett slumpstal mellan 1 och 42 i Java:

(**int**) (Math.random() \* 42 + 1)

där typkonverteringen (**int**) ger samma effekt som ett anrop av metoden toInt i Scala; alltså att dubbelprecisionsflyttal omvandlas till heltal genom avkortning av alla eventuella decimaler.

Ändra huvudprogrammet till:

```
public static void main(String[] args) {
    System.out.println("ArrayMatrix test");
    int[][] xss = new int[10][5];
    showMatrix(xss);
    fillRnd(xss, 6);
    showMatrix(xss);
}
```

Programmet ska ge en utskrift som liknar följande:

```
1 $ javac ArrayMatrix.java
2 $ java ArrayMatrix
3 ArrayMatrix test
4
5 --- showMatrix ---
6 [0][0] = 0; [0][1] = 0; [0][2] = 0; [0][3] = 0; [0][4] = 0;
7 [1][0] = 0; [1][1] = 0; [1][2] = 0; [1][3] = 0; [1][4] = 0;
8 [2][0] = 0; [2][1] = 0; [2][2] = 0; [2][3] = 0; [2][4] = 0;
9 [3][0] = 0; [3][1] = 0; [3][2] = 0; [3][3] = 0; [3][4] = 0;
10 [4][0] = 0; [4][1] = 0; [4][2] = 0; [4][3] = 0; [4][4] = 0;
11 [5][0] = 0; [5][1] = 0; [5][2] = 0; [5][3] = 0; [5][4] = 0;
12 [6][0] = 0; [6][1] = 0; [6][2] = 0; [6][3] = 0; [6][4] = 0;
13 [7][0] = 0; [7][1] = 0; [7][2] = 0; [7][3] = 0; [7][4] = 0;
14 [8][0] = 0; [8][1] = 0; [8][2] = 0; [8][3] = 0; [8][4] = 0;
15 [9][0] = 0; [9][1] = 0; [9][2] = 0; [9][3] = 0; [9][4] = 0;
16
17 --- showMatrix ---
18 [0][0] = 6; [0][1] = 2; [0][2] = 6; [0][3] = 3; [0][4] = 5;
19 [1][0] = 2; [1][1] = 4; [1][2] = 6; [1][3] = 1; [1][4] = 1;
20 [2][0] = 5; [2][1] = 4; [2][2] = 4; [2][3] = 1; [2][4] = 5;
21 [3][0] = 4; [3][1] = 6; [3][2] = 6; [3][3] = 1; [3][4] = 3;
22 [4][0] = 4; [4][1] = 6; [4][2] = 2; [4][3] = 3; [4][4] = 2;
23 [5][0] = 2; [5][1] = 4; [5][2] = 5; [5][3] = 5; [5][4] = 3;
24 [6][0] = 6; [6][1] = 5; [6][2] = 2; [6][3] = 4; [6][4] = 3;
25 [7][0] = 1; [7][1] = 6; [7][2] = 1; [7][3] = 6; [7][4] = 2;
26 [8][0] = 1; [8][1] = 1; [8][2] = 5; [8][3] = 3; [8][4] = 2;
27 [9][0] = 1; [9][1] = 1; [9][2] = 1; [9][3] = 5; [9][4] = 4;
```

// kod till facit:

```
public class ArrayMatrix {

    public static void showMatrix(int[][] m){
        System.out.println("\n--- showMatrix ---");
        for (int row = 0; row < m.length; row++){
            for (int col = 0; col < m[row].length; col++) {
```

```

        System.out.print "[" + row + "]");
        System.out.print "[" + col + "] = ";
        System.out.print(m[row][col] + "; ");
    }
    System.out.println();
}
}

public static void fillRnd(int[][] m, int n){
    for (int row = 0; row < m.length; row++){
        for (int col = 0; col < m[row].length; col++) {
            m[row][col] = (int) (Math.random() * n + 1);
        }
    }
}

public static void main(String[] args) {
    System.out.println("ArrayMatrix test");
    int[][] xss = new int[10][5];
    showMatrix(xss);
    fillRnd(xss, 6);
    showMatrix(xss);
}
}

```

### 9.1.2 Extrauppgifter

**Uppgift 8.** Skapa ett yatzy-spel för användning i terminalen.

a) Skapa med en editor en klass enligt nedan specifikation. Läs om hur de olika predikaten för att kolla olika giltiga kombinationer i Yatzy ska fungera här: [en.wikipedia.org/wiki/Yahtzee](https://en.wikipedia.org/wiki/Yahtzee). Bygg ett huvudprogram som testar dina funktioner. Kompilera och testa i terminalen allteftersom du lägger till nya funktioner.

#### Specification YatzyRows

```

/** En skiss på en klass som kan användas till ett förenklat yatzy-spel */
case class YatzyRows(val rows: Vector[Vector[Int]]) {
    /** A new YatzyRows with a new row of 5 dice rolls appended to rows */
    def roll: YatzyRows = ???

    /** A new YatzyGame with some indices of the last row re-rolled */
    def reroll(indices: Vector[Int]): YatzyRows = ???
}

object YatzyRows {
    def isYatzy(xs: Vector[Int]): Boolean = ???
}

```

```

def isThreeOfAKind(xs: Vector[Int]): Boolean = ???
def isFourOfAKind(xs: Vector[Int]): Boolean = ???
def isFullHouse(xs: Vector[Int]): Boolean = ???
def isSmallStraight(xs: Vector[Int]): Boolean = ???
def isLargeStraight(xs: Vector[Int]): Boolean = ???
}

```

b) Använd YatzyRows för att med hjälp av många tärningskast beräkna sannolikheter för några olika giltiga kombinationer. Använd, om du vill, möjligheten som reglerna ger att slå om tärningar i två ytterligare kast, där de tärningar som slås om väljs slumpmässigt.

c) Bygg ett förenklat yatzy-spel i terminalen där användaren kan bestämma vilka tärningar som ska slås om. Använd Scanner för att läsa indata från användaren. Börja med något riktigt enkelt och bygg sedan vidare på ditt spel genom att införa fler och fler funktioner.

### 9.1.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 9.** **TODO!!!** *Klasser för täta och glesa matematiska matriser med flyttal.*

a) Skapa en oföränderlig, final klass `DenseMatrix` för matematiska matriser med dubbelprecisionsflyttal. `DenseMatrix` ska internt lagra elementen i en privat *endimensionell* array av flyttal av typen `Array[Double]`. Klassen ska inte vara en case-klass. Det ska gå att skapa matriser med uttrycket `DenseMatrix.ofDim(3,7)(1.0,42,3.2,1.0,2.2,3)` tack vare ett kompanjonsobjekt med lämplig fabriksmetod som anropar den privata konstruktorn.

b) Överskugga metoderna `equals` och `hashCode` och ge `DenseMatrix` innehållslighet i stället för referenslighet.

c) Implementera egna innehålllighetsmetoder med namnet `===` på `DenseMatrix` som är typsäker, d.v.s. bara tillåter jämförelse mellan matriser.

d) *SparseMatrix* med *private mutable.Map[(Int, Int), Double]* som bara lagrar index som inte är noll.

e) Implementera addition, subtraktion och multiplikation av matriser.

f) Skapa ett trait `Matrix` som både `DenseMatrix` och `SparseMatrix` ärver, med lämpliga abstrakta och konkreta medlemmar.

**Uppgift 10.** *Matriser med ArrayList i Java.* Om man i Java inte vet antalet element i matrisen från början kan man använda en lista av typen `ArrayList`, där varje element i sin tur innehåller en lista av typen `ArrayList`. Javas `ArrayList` är en generisk samling som motsvaras av Scalas `ArrayBuffer`. Generiska samlingar i Java kan endast innehålla referenstyper; vill man ha en primitiv typ, t.ex. `int`, behöver man packa in denna i en s.k. wrapper-klass, t.ex. klassen `Integer`. Det finns en wrapper-klass för varje primitiv typ i Java. Matristypen för en heltalstyp i Java skrivs `ArrayList<ArrayList<Integer>>`

där alltså `<T>` motsvarar Scalas hakparenteser `[T]` för typparametern `T`.

a) **TODO!!!** Hitta på deluppgifter med `ArrayList<ArrayList<Integer>>` som illustrerar ovan. Peka framåt till scalajava-veckan.



## 9.2 Laboration: maze

### Mål

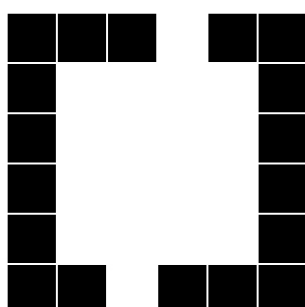
- ☐ Kunna skapa och använda matriser.
- ☐ Kunna iterera över matriser med nästlade for-loopar.
- ☐ Kunna använda sig av och förstå arv.
- ☐ Förstå och träna på olika villkor med if-satser.
- ☐ Känna till algoritmer för att lösa problem så som att ta sig igenom en labyrinth eller slumpmässigt skapa en labyrinth.

### Förberedelser

- ☐ Gör veckans övningsuppgifter.
- ☐ Läs om matriser i Scala-boken på sida (??).
- ☐ Läs om arv i Scala-boken på sida (??).
- ☐ Läs om olika algoritmer för att ta sig igenom en labyrinth: [https://en.wikipedia.org/wiki/Maze\\_solving\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Maze_solving_algorithm)
- ☐ (Frivillig) Läs om olika algoritmer för att skapa en slumpmässig labyrinth: [https://en.wikipedia.org/wiki/Maze\\_generation\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Maze_generation_algorithm).

### 9.2.1 Bakgrund

I denna laboration kommer du att få rita labyrinth och sedan implementera en algoritm för att ta dig igenom dessa. En labyrinth är ett rum som har en ingång och en utgång. Ingången är i de här fallen alltid längst ner i labyrinthen, och utgången högst upp. Alla väggar är också parallella med antingen x-axeln eller y-axeln. Ett sätt att beskriva en sådan labyrinth i kod är med hjälp av en matris av Boolean-element. Varje element i matrisen motsvarar då en ruta i labyrinthen. Värdet `true` i matrisen representerar att det finns en vägg på motsvarande ruta i labyrinthen och `false` representerar att där istället är en väg att gå på.



true	true	true	false	true	true
true	false	false	false	false	true
true	false	false	false	false	true
true	false	false	false	false	true
true	false	false	false	false	true
true	true	false	true	true	true

Figur 9.1: Exempel på en matris-representation av en labyrinth.

Det finns många olika sätt att ta sig igenom en labyrinth men ett av de vanligaste sätten är att hålla vänster hand i vänster vägg och följa väggen med

handen tills man når slutet av labyrinten. Detta fungerar för alla labyrinter där väggarna från ingången till utgången är sammankopplade. När man går igenom labyrinten finns det fyra olika riktningar att välja mellan som alla beskrivs i antal grader räknat från x-axeln, där höger motsvaras av 0 grader, uppåt motsvaras av 90 grader, vänster av 180 grader och nedåt av 270 grader.

I den här laborationen kommer du använda dig av en färdig klass Maze som representerar en labyrint med hjälp av en Boolean-matris. Klassen har följande specifikation:

#### Specification Maze

```
/**
 * A class representing a maze.
 */
case class Maze(data: Vector[Vector[Boolean]]) {

  /**
   * Returns a corresponding char from a boolean.
   * @param b The boolean which to convert to a char
   */
  def boolToChar(b: Boolean): Char

  /**
   * Returns a String representation of the maze.
   */
  override def toString: Unit

  /**
   * Checks if the coordinates x, y is inside the maze and if
   so returns true, otherwise false.
   * @param x The x coordinate
   * @param y The y coordinate
   */
  private def insideMaze(x: Int, y: Int): Boolean

  /**
   * Returns the x coordinate of the entry of the maze.
   */
  def getXEntry(): Int

  /**
   * Returns the y coordinate of the entry of the maze.
   */
  def getYEntry(): Int

  /**
   * Checks if there is a wall left of the coordinates x, y at
   given direction and if so returns true, otherwise false.
   * @param direction The direction of the turtle
   * @param x The x coordinate
   * @param y The y coordinate
   */
  def wallAtLeft(direction: Int, x: Int, y: Int): Boolean

  /**
```

```

    * Checks if there is a wall in front of the coordinates x, y at
    * given direction and if so returns true, otherwise false.
    * @param direction The direction of the turtle
    * @param x          The x coordinate
    * @param y          The y coordinate
    */
    def wallInFront(direction: Int, x: Int, y: Int): Boolean

    /**
     * Checks if the coordinates x, y is at the exit of the maze.
     * @param x          The x coordinate
     * @param y          The y coordinate
     */
    def atExit(x: Int, y: Int): Boolean

    /**
     * Goes through the the maze and for every spot that is a wall
     * draws a brick of size blockSize in SimpleWindow.
     * @param w          The window in which to draw the maze
     */
    def draw(w: SimpleWindow): Unit = ???
}

/**
 * An object representing a maze.
 */
object Maze {

    /**
     * Returns a Maze from a vector of Strings.
     * @param xs The vector of Strings that represent the maze
     */
    def fromStrings(xs: Vector[String]): Maze

    /**
     * Returns a Maze from a specified file.
     * @param fileName The name of the file that represent the maze
     */
    def fromFile(fileName: String): Maze

    /**
     * Returns a Maze from a sequence of Strings.
     * @param rows The sequence of Strings that represent the maze
     */
    def apply(rows: String*): Maze

    /**
     * Creates and returns a random maze.
     * @param rows The number of rows for the maze
     * @param cols The number of columns for the maze
     */
    def random(rows: Int, cols: Int): Maze = ???
}

```

## Den frivilliga uppgiften

I den frivilliga uppgiften ska en slumpmässig labyrinth genereras. Det finns flera olika algoritmer för att göra detta men den vi kommer använda här är en slumpmässig variant av Prims algoritm. Du kan läsa mer under [https://en.wikipedia.org/wiki/Maze\\_generation\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Maze_generation_algorithm) (De representerar en labyrinth på ett annat sätt än vi gör i den här uppgiften vilket innebär att det inte kommer se precis likadant ut).

## 9.2.2 Obligatoriska uppgifter

**Uppgift 1.** I den här uppgiften ska du implementera en metod som ritar upp en labyrinth i SimpleWindow.

a) Läs igenom klassen och kompanjonsobjektet Maze och se till att du förstår det mesta. Du behöver inte förstå allt, men ju mer du förstår desto bättre och roligare, fråga om det är något som du tycker är oklart. Vad objektet Maze gör är att den tar in rader med strängar, antingen direkt som argument eller genom att läsa in från en fil. Utifrån detta skapar den sedan en Boolean-matris representation av labyrinthen och skickar in som argument till Maze-klassen, där tecknet '#' i en sträng representerar en bit av en vägg medan blanksteg representerar en bit av en gång.

b) Du ska nu implementera metoden draw i klassen Maze som kommer att rita upp labyrinthen i SimpleWindow. För att göra detta behöver du gå igenom matrisen data och undersöka elementen på varje plats. Om elementet på en viss plats är true ska det ritas upp en bit av en vägg på motsvarande plats i SimpleWindow. Detta kan du göra med hjälp av den färdigskrivna metoden brickInTheWall. Om elementet på en viss plats är false ska ingenting ritas upp.

**Uppgift 2.** I den här uppgiften ska du skapa en klass med en main-metod som anropar din metod för att rita upp en labyrinth.

a) Skapa en ny klass AMazeIngRace genom att välja File -> New -> Scala Class. I denna klass ska du skriva en main-metod där du skapar ett objekt av Maze genom att läsa in från en fil (börja exempelvis med filen maze1.txt). Du måste även skapa ett objekt av SimpleWindow för att kunna skicka med när du anropar metoden draw. Anropa nu metoden draw på Maze-objektet och kontrollera att labyrinthen ritas upp som den ska. Gör samma sak för resterande av filerna maze2.txt-maze4.txt, alla ska kunna ritas upp korrekt.

b) Testa att rita en egen labyrinth genom att skapa en textfil maze5.txt och lägg i samma mapp som övriga maze-filer. Kontrollera så att även denna labyrinth ritas upp som den ska, och fixa annars till metoden draw så att den fungerar som tänkt. Observera att din labyrinth inte alls behöver vara avancerad, det är inte meningen att den här uppgiften ska ta lång tid utan är till för att du ska få prova på att rita en egen labyrinth och se den förverkligas i din main-klass. Om du känner att det är för tidskrävande kan du hoppa över

denna uppgift.

**Uppgift 3.** I den här uppgiften ska du implementera en algoritm för att få en sköldpadda att ta sig genom en labyrint genom att alltid hålla i väggen med vänster hand (eller kanske fot i det här fallet). För detta ska du skapa en ny klass `MazeTurtle` som ska ha följande uppbyggnad:

#### Specification `MazeTurtle`

```
/**
 * A Turtle that can walk through a maze with a specified color.
 * @param window      The window the turtle should be placed in.
 * @param position    A Point representing the turtle's starting coordinates.
 * @param angle       The angle between the turtle direction and the X-axis
 *                    measured in degrees.
 * @param isPenDown   A boolean representing the turtle's pen position.
 *                    True if the pen is down.
 * @param color       The color with which the turtle will walk.
 * @param maze        The maze in which the turtle will walk.
 */
class MazeTurtle(window: SimpleWindow, private var position: Point,
private var angle: Double, private var isPenDown: Boolean,
color: Color, maze: Maze) extends ColorTurtle(window, position, angle,
isPenDown, color) {

    /**
     * Lets the turtle walk through the maze from entry to exit by
     * following the wall to left side of the turtle.
     */
    def walk(): Unit = ???
}
```

a) Skapa en ny klass `MazeTurtle` som ärver från klassen `ColorTurtle`. `MazeTurtle` ska ta in ett extra argument, nämligen ett av typen `Maze` som representerar den labyrint som sköldpaddan ska gå i.

b) Lägg till och implementera metoden `walk` i `MazeTurtle`. I metoden ska sköldpaddan med hjälp av tekniken att alltid hålla vänster hand i väggen ta sig genom labyrinten `Maze`, från början till slut. Varje steg motsvarar att flytta sig från en ruta till en annan i Boolean-matrisen i `Maze`. Sköldpaddan kommer alltså ta sig fram i labyrinten genom att undersöka för varje steg om den borde svänga vänster, gå rakt fram eller svänga höger beroende på hur den står i förhållande till vänster vägg. För att avgöra hur sköldpaddan ska gå kan den använda sig av metoderna `wallInFront` och `wallAtLeft` som finns i `Maze`.

c) Lägg till kod i `AMazeIngRace` som skapar en sköldpadda av typ `MazeTurtle` och sedan låter denna gå igenom en labyrint med metoden `walk`. Testa att din `MazeTurtle` fungerar som den ska! Sköldpaddan ska klara att ta sig igenom alla labyrinter i filerna `maze1.txt`-`maze4.txt` samt labyrinten som du skapat själv.

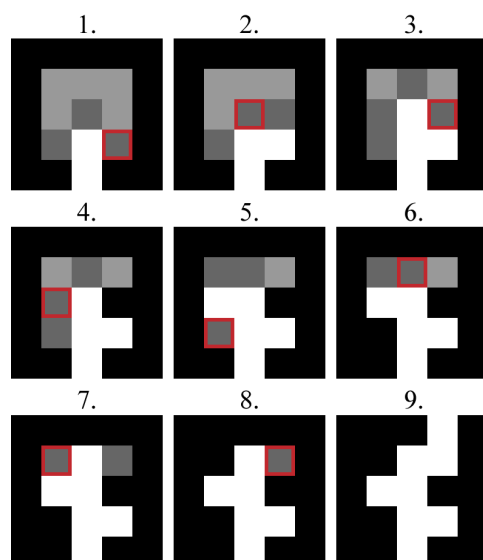
### 9.2.3 Frivillig extrauppgift

Prims algoritm är en metod för att koppla ihop alla punkterna i en graf med så få kopplingar som möjligt. Detta låter kanske som rena grekiskan, men tänk dig att varje punkt i en graf representeras av en ruta i labyrinten och att en hopkoppling motsvarar där du kan gå i en labyrint, vilket innebär två öppna rutor (rutor där det inte finns någon vägg och som du därmed kan gå på) intill varandra. Eftersom algoritmen vill ha så få kopplingar som möjligt får inga cyklar uppstå utan det kommer endast att finnas en väg igenom labyrinten

I praktiken fungerar algoritmen så att den väljer en slumpmässig ruta intill en öppen ruta och undersöker om det finns någon mer öppen ruta intill. Om så är fallet låter den rutan vara en vägg annars öppnar den rutan (det vill säga gör om rutan från en vägg till en gång). Den upprepar detta tills alla rutor antingen öppnats upp till en gång eller låtits fortsätta vara vägg.

Eftersom det endast ska finnas en in- och utgång i våra labyrinter måste detta hanteras på ett lite annorlunda sätt.

1. Börja med att välja en av rutorna i nedersta raden och öppna den rutan samt rutan över. Detta motsvarar ingången till labyrinten.
2. Applicera nedanstående algoritm på alla rutor utom de rutor i ytterkan-  
ten av matrisen som utgör labyrintens vägg.
3. Slutligen letar vi efter en slumpmässig ruta på näst översta raden som är öppen och öppnar rutan ovanför denna, vilket då kommer bli utgången till labyrinten.



Figur 9.2: Visualisering av algoritmen när den genererar en labyrint av storleken 5x5

**Pseudokod**

```
def random(rows, cols)
  labyrinth = matris(rows, cols) fylld med true
  buffer = lista(koordinater till rutor)
  välj en slumpmässig ruta i nedersta raden och öppna den
  öppna rutan ovanför
  lägg till rutorna runt till buffer
  while (buffer har element kvar)
    element = välj slumpmässigt element i buffer
    if (element har max en öppen ruta intill sig)
      öppna rutan element innehåller
      lägg till rutorna runt element till buffer
    ta bort element från buffer
  hitta en ruta som är öppen i näst översta raden
  öppna rutan ovanför
```

**Uppgift 4.** I den här uppgiften ska du implementera en algoritm som skapar en slumpmässig labyrinth.

- Inspektera ovanstående pseudokod och försök förstå den. Fråga gärna om något är oklart! Läs också de färdigskrivna metoderna `addWallToList` och `wallsAround` i metoden `random` i `Maze` och se om du kan förstå vad de gör.
- Implementera metoden `random` i `Maze` som skapar och returnerar en slumpmässigt utformad labyrinth med hjälp av pseudokoden ovan (eller på egen hand för den modiga/nyfikna). Ta hjälp av metoderna `addWallToList` och `wallsAround`.
- Skapa en ny slumpmässig labyrinth i `AMazeIngRace` genom att anropa metoden `random`. Ett bra värde att använda när du anropar metoden är något tal mellan 50 och 100. Det vill säga anropa metoden genom att exempelvis skriva `random(50, 50)`. När du har slumpat fram en labyrinth, testa att låta din sköldpadda gå igenom labyrinthen och se om den lyckas!



Figur 9.3: Ett exempel på hur en slumpmässigt utformad labyrinth kan se ut.





# Kapitel 10

## Sökning, Sortering

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ strängjämförelse
- ☐ compareTo
- ☐ implicit ordning
- ☐ linjärsökning
- ☐ binärsökning
- ☐ algoritm: LINEAR-SEARCH
- ☐ algoritm: BINARY-SEARCH
- ☐ algoritmisk komplexitet
- ☐ sortering till ny vektor
- ☐ sortering på plats
- ☐ insättningssortering
- ☐ urvalssortering
- ☐ algoritm: INSERTION-SORT
- ☐ algoritm: SELECTION-SORT
- ☐ Ordering[T]
- ☐ Ordered[T]
- ☐ Comparator[T]
- ☐ Comparable[T]

## 10.1 Övning: sorting

### Mål

- ☐ Förstå hur sorteringsordningen är definierad för strängar.
- ☐ Förstå skillnaderna mellan strängjämförelser i Scala och Java, samt kunna jämföra strängar med jämförelseoperatorer i Scala och med `compareTo` i Java.
- ☐ Kunna sortera sekvenssamlingar innehållande objekt av grundtyper med hjälp av inbyggda och egendefinierade sorteringsordningar med metoderna `sorted`, `sortBy` och `sortedWith`.
- ☐ Kunna använda inbyggda linjärsöknings- och binärsökningsmetoder.
- ☐ Kunna implementera en egen sökalgoritm med linjärsökning och binärsökning.
- ☐ Förstå när binärsökning är lämplig och möjlig.
- ☐ Kunna implementera en enkel sorteringsalgoritm, t.ex. insättningssortering eller urvalssortering, både till ny samling och på plats.
- ☐ Känna till hur implicita sorteringsordningar används för grundtyperna och egendefinierade typer.
- ☐ Känna till existensen av, funktionen hos, och relationen mellan klasserna `Ordering` och `Comparator`, samt `Ordered` och `Comparable`.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 10.

#### 10.1.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** *Jämföra strängar i Scala.* I Scala kan strängar jämföras med operatorerna `==` `!=` `<` `<=` `>` `>=` där likhet/olikhet avgörs av om alla tecken i strängen är lika eller inte, medan större/mindre avgörs av sorteringsordningen i enlighet med varje teckens Unicode<sup>1</sup>-värde.

a) Vad ger följande jämförelser för värde?

```
1 scala> 'a' < 'b'
2 scala> "aaa" < "aaaa"
3 scala> "aaa" < "bbb"
4 scala> "AAA" < "aaa"
5 scala> "ÄÄÄ" < "ÖÖÖ"
6 scala> "ÄÄÄ" < "ÄÄÄ"
```

Tyvärr så följer ordningen av ÄÄÖ inte svenska regler, men det ignorerar vi i fortsättningen för enkelhets skull; om du är intresserad av hur man kan fixa detta, gör uppgift 19.

b) Vilken av strängarna `s1` och `s2` kommer först (d.v.s. är mindre) om `s1` utgör början av `s2` och `s2` innehåller fler tecken än `s1`? 

---

<sup>1</sup>[sv.wikipedia.org/wiki/Unicode](http://sv.wikipedia.org/wiki/Unicode)

**Uppgift 2.** *Jämföra strängar i Java.* I Java kan man *inte* jämföra strängar med operatorerna `<` `<=` `>` `>=`. Dessutom ger operatorerna `==` och `!=` inte innehålls(o)likhet utan referens(o)likhet. Istället får man använda metoderna `equals` och `compareTo`, vilka också fungerar i Scala eftersom strängar i Scala och Java är av samma typ, nämligen `java.lang.String`.

a) Vad ger följande uttryck för värde?

```
1 scala> "hej".getClass.getTypeName
2 scala> "hej".equals("hej")
3 scala> "hej".compareTo("hej")
```

b) Studera dokumentationen för metoden `compareTo` i `java.lang.String`<sup>2</sup> och skriv minst 3 olika uttryck i Scala REPL som testar hur metoden fungerar i olika fall.

c) Studera dokumentationen `compareToIgnoreCase`<sup>3</sup> och skriv minst 3 olika stränguttryck i Scala REPL som testar hur metoden fungerar i olika fall.

d) Vad skriver följande Java-program ut?

```
public class StringEqTest {
    public static void main(String[] args){
        boolean eqTest1 =
            (new String("hej")) == (new String("hej"));
        boolean eqTest2 =
            (new String("hej")).equals(new String("hej"));
        int eqTest3 =
            (new String("hej")).compareTo(new String("hej"));
        System.out.println(eqTest1);
        System.out.println(eqTest2);
        System.out.println(eqTest3);
    }
}
```

**Uppgift 3.** *Sortering med inbyggda sorteringsmetoder.* För grundtyperna (`Int`, `Double`, `String`, etc.) finns en fördefinierad ordning som gör så att färdiga sorteringsmetoder fungerar på alla samlingar i `scala.collection`. Även att jämförelseoperatorerna i uppgift 1 fungerar enligt den fördefinierade ordningsdefinitionen för alla grundtyper. Denna ordningsdefinition är *implicit tillgänglig* vilket betyder att kompilatorn hittar ordningsdefinitionen utan att vi explicit måste ange den.

a) Testa metoden `sorted` på några olika samlingar. Förklara vad som händer. Hur lyder felmeddelande på sista raden? Varför blir det fel?

```
1 scala> Vector(1.1, 4.2, 2.4, 42.0, 9.9).sorted
2 scala> val xs = (100000 to 1 by -1).toArray
```

<sup>2</sup>[docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/String.html#compareTo-java.lang.String-](https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/String.html#compareTo-java.lang.String-)

<sup>3</sup>[docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/String.html#compareToIgnoreCase-java.lang.String-](https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/String.html#compareToIgnoreCase-java.lang.String-)

```

3 scala> xs.sorted
4 scala> xs.map(_.toString).sorted
5 scala> xs.map(_.toByte).sorted.distinct
6 scala> class Person(firstName: String, familyName: String)
7 scala> val ps = Vector(Person("Zeb", "Robinson"), Person("Robin", "Zebson"))
8 scala> ps.sorted

```

b) Om man har en samling med egendefinierade klasser eller man vill ha en annan sorteringsordning får man definiera ordningen själv. Ett helt generellt sätt att göra detta på illustreras i uppgift 16, men de båda hjälpmetoderna `sortWith` och `sortBy` räcker i de flesta fall. Hur de används illustreras nedan. Metoden `sortBy` kan användas om man tar fram ett värde av grundtyp och är nöjd med den inbyggda sorteringsordningen.

Metoden `sortWith` används om man vill skicka med ett eget jämförelsepredikat som ordnar två element; funktionen ska returnera **true** om det första elementet ska vara först, annars **false**.

```

1 scala> class Person(firstName: String, familyName: String)
2 scala> val ps = Vector(Person("Zeb", "Robinson"), Person("Robin", "Zebson"))
3 scala> ps.sortBy(_.firstName)
4 scala> ps.sortBy(_.familyName)
5 scala> ps.sortBy // tryck TAB två gånger för att se signaturen
6 scala> ps.sortWith((p1, p2) => p1.firstName > p2.firstName)
7 scala> ps.sortWith // tryck TAB två gånger för att se signaturen
8 scala> Vector(9,5,2,6,9).sortWith((x1, x2) => x1 % 2 > x2 % 2)

```

Vad har metoderna `sortWith` och `sortBy` för signaturer?

c) Lägg till attributet `age: Int` i klassen `Person` ovan och lägg till fler personer med olika namn och ålder i en vektor och sortera den med `sortBy` och `sortWith` för olika attribut. Välj själv några olika sätt att sortera på.

**Uppgift 4. Tidmätning.** I kommande uppgifter kommer du att ha nytta av funktionen `timed` enligt nedan.

```

def timed[T](code: => T): (T, Long) = {
  val now = System.nanoTime
  val result = code
  val elapsed = System.nanoTime - now
  println(s"\ntime: ${elapsed / 1e6} ms")
  (result, elapsed)
}


```

a) Klistra in `timed` i REPL och testa så att den fungerar, genom att mäta hur lång tid nedan uttryck tar att exekvera.

```

1 scala> val (v, t1) = timed{ (1 to 1000000).toVector.reverse }
2 scala> val (s, t2) = timed{ v.toSet }
3 scala> timed{ v.find(_ == 1) }
4 scala> timed{ s.find(_ == 1) }
5 scala> timed{ s.contains(1) }

```

-  b) Försök förklara skillnaderna i exekveringstid mellan de olika sätten att söka reda på talet 1 i samlingen. Ungefär hur många gånger behöver man använda `contains` på heltalsmängden `s` för att det ska löna sig att skapa `s` i stället för att linjärsöka i `v` med `find` i ovan exempel?

### Uppgift 5. Sökning med inbyggda sökmetoder.

- a) *Linjärsökning framifrån med `indexOfSlice`*. Studera dokumentationen för Scalas samlingsmetod `indexOfSlice`<sup>4</sup> och skriv 8 olika uttryck i REPL som, både med en sträng och med en vektor med heltal, provar 4 olika fall: (1) finns i börja, (2) finns någonstans i mitten, (3) finns i slutet, samt (4) finns ej.
- b) *Linjärsökning bakifrån med `lastIndexOfSlice`*. Studera dokumentationen för Scalas samlingsmetod `lastIndexOfSlice`<sup>5</sup> och skriv 8 olika uttryck i REPL som, både med en sträng och med en vektor med heltal, provar 4 olika fall: (1) finns i börja, (2) finns någonstans i mitten, (3) finns i slutet, samt (4) finns ej.
- c) *Sökning med inbyggd binärsökning*. Om en samling är sorterad kan man utnyttja detta för att göra snabbare sökning. Vid **binärsökning** (eng. *binary search*)<sup>6</sup> börjar man på mitten och kollar vilken halva att söka vidare i; sedan delar man upp denna halva på mitten och kollar vilken fjärdedel att söka vidare i, etc.

I objektet `scala.collection.Searching`<sup>7</sup> finns en metod `search` som, om den importeras, erbjuder binärsökning för alla sorterade sekvenssamlingar. Om samlingen är sorterad ger den ett objekt av case-klassen `Found` som innehåller indexet för platsen där elementet först hittats; alternativt om det som eftersöks ej finns, ges ett objekt av case-klassen `InsertionPoint` som innehåller indexet där elementet borde ha varit placerad om det funnits i samlingen. Observera att om samlingen inte är sorterad är resultatet ”odefinierat”, d.v.s. något returneras men det är *inte* att lita på; man måste alltså först sortera samlingen eller vara helt säker på att den är sorterad.

Undersök hur `search` fungerar genom att förklara vad som händer nedan. Vilken är snabbast av `lin` och `bin` nedan? Använd `timed` från uppgift 4.

```
1 scala> val udda = (1 to 1000000 by 2).toVector
2 scala> import scala.collection.Searching._
3 scala> udda.search(udda.last)
4 scala> udda.search(udda.last + 1)
5 scala> udda.reverse.search(udda(0))
6 scala> def lin(x: Int, xs: Seq[Int]) = xs.indexOf(x)
7 scala> def bin(x: Int, xs: Seq[Int]) = xs.search(x) match {
8     case Found(i) => i
9     case InsertionPoint(i) => -i
10 }
11 scala> timed{ lin(udda.last, udda) }
12 scala> timed{ bin(udda.last, udda) }
```

<sup>4</sup>[docs.scala-lang.org/overviews/collections/seqs.html](http://docs.scala-lang.org/overviews/collections/seqs.html)

<sup>5</sup>[docs.scala-lang.org/overviews/collections/seqs.html](http://docs.scala-lang.org/overviews/collections/seqs.html)

<sup>6</sup>[en.wikipedia.org/wiki/Binary\\_search\\_algorithm](http://en.wikipedia.org/wiki/Binary_search_algorithm)

<sup>7</sup>[http://www.scala-lang.org/api/current/#scala.collection.Searching\\$](http://www.scala-lang.org/api/current/#scala.collection.Searching$)

d) Om en samling innehåller  $n$  element, hur många jämförelser behövs då vid binärsökning i värsta fall? *Tips:* Läs om algoritmen på wikipedia. 

### Uppgift 6. Sök bland LTH:s kurser med linjärsökning

a) Surfa till denna URL:

[http://kurser.lth.se/lot/?lasar=16\\_17&soek\\_text=&sort=kod&val=kurs&soek=t](http://kurser.lth.se/lot/?lasar=16_17&soek_text=&sort=kod&val=kurs&soek=t)  
och inspektera html-koden i din webbläsare genom att trycka *Ctrl+U* (fungerar i Firefox och Chrome). Rulla ner till rad 171 och framåt. Var finns antalet poäng för resp kurs i html-koden?

b) Klistra in objektet `courses` med kommandot `:paste` i REPL.<sup>8</sup> Vad gör koden? Hur många kurser innehåller `lth2016`?

```
object courses {
  def download(year: String = "16_17"): Vector[Course] = {
    val urlStart = "http://kurser.lth.se/lot/?lasar="
    val urlSearch = "&soek_text=&sort=kod&val=kurs&soek=t"
    val url = s"$urlStart$year$urlSearch"
    println("*** Downloading from: " + url)
    println("*** This may take a while...")
    val lines = scala.io.Source.fromURL(url).getLines.toVector
    lines.filter(_.contains("kurskod")).map(Course.fromHtml)
  }

  lazy val lth2016: Vector[Course] = download()

  case class Course(
    code: String,
    nameSv: String,
    nameEn: String,
    credits: Double,
    level: String
  )

  object Course {
    import scala.util.Try
    def fromHtml(s: String): Course = {
      def extract(s: String, init: String, stop: Char): String =
        s.replaceAllLiterally(init, "").takeWhile(_ != stop)
      val codeInit = "<a href=\"/lot/?val=kurs&kurskod=\""
      val dataInit = "<td class=\"mitt\">\""
      val xs = s.split("td>")
      val code = Try { extract(xs(1), codeInit, '<') }.getOrElse("???")
      val credits = Try {
        val s = extract(xs(2), dataInit, '<')
        s.replaceAllLiterally(",", ".").toDouble //fix decimals
      }.getOrElse(0.0)
      val level = Try { extract(xs(3), dataInit, '<') }.getOrElse("???")
      val nameSv = Try { xs(5).takeWhile(_ != '<') }.getOrElse("???")
      val nameEn = Try { xs(7).takeWhile(_ != '<') }.getOrElse("???")
      Course(code, nameSv, nameEn, credits, level)
    }
  }
}
```

<sup>8</sup>Du kan ladda ner koden från:

```

    }
  }
}

```

c) *Linjärsökning med find.* Teknologen Oddput Clementina vill gå första bästa datavetenskapskurs som är på G2-nivå. Hjälp Oddput med att söka upp första bästa kurs genom linjärsökning med samlingsmetoden `find`. Kurskoder vid datavetenskap börjar på EDA eller ETS. *Tips:* Du har nytta av att definiera predikatet `def isCS(s: String): Boolean` som i sin tur lämpligen nyttjar strängmetoden `startsWith`.

```

1 // kod till facit
2 scala> def isCS(s: String) = s.startsWith("EDA") || s.startsWith("ETS")
3 scala> val x = courses.lth2016.find(c => isCS(c.code) && c.level == "G2").get
4 x: courses.Course = Course(EDA031,C++ - programmering,C++ Programming,7.5,G2)

```

d) *Implementera linjärsökning.* Som träning ska du nu implementera en egen linjärsökningsfunktion med signaturen:

```
def linearSearch[T](xs: Seq[T])(p: T => Boolean): Int = ???
```

Funktionen ska ta en sekvenssamling `xs` och ett predikat `p` som ger `true` om parametern är ett eftersökt element, och returnera index för första hittade elementet i `xs` där `p` gäller. Om det inte finns något element som uppfyller predikatet ska `-1` returneras. Skriv först pseudokod för funktionen med penna och papper. Använd **while**.

Typen `Seq` är supertyp till alla sekvenssamlingar, så om vi använder den som parametertyp för parametern `xs` så fungerar funktionen för `Vector`, `Array`, `List`, etc. Genom typparametern `T` blir funktionen generisk och fungerar för godtycklig typ.

```

// kod till facit
def linearSearch[T](xs: Seq[T])(p: T => Boolean): Int = {
  var i = 0
  while(i < xs.size && !p(xs(i))) i += 1
  if (i < xs.size) i else -1
}

```

e) Definiera en funktion `def rndCode: String` som genererar slumpmäsiga kurskoder (tre bokstäver mellan A och Z och tre siffror mellan 0 och 9). Använd `rndCode` för att fylla en vektor kallad `xs` med en halv miljon slumpmäsiga kurskoder. För varje slumpkod i `xs` sök med din funktion `linearSearch` efter index i vektorn `courses.lth2016` från deluppgift b. Mät totala tiden för de 500000 linjärsökningarna med hjälp av funktionen `timed` från uppgift 4 och spara resultatet för senare jämförelse med binärsökning i kommande uppgifter.

```

// kod till facit
def rndCode: String = {
  import math.{random => r}
  def ch: Char = ((r * ('Z' - 'A')).toInt + 'A').toChar
  def dig: Int  = (r * 9).toInt + 1
}

```

```

    val xs = ((1 to 3).map(_ => ch) ++ (1 to 3).map(_ => dig))
    xs.mkString
  }

val xs = Vector.fill(500000)(rndCode)
val (ixs, elapsedLin) =
  timed{xs.map(x => linearSearch(courses.lth2016)(_ .code == x))}
ixs.filterNot(_ == -1).size

```

f) Hur kan du implementera `linearSearch` med den inbyggda samlingsmetoden `indexWhere`? 

```

// kod till facit
def linearSearch[T](xs: Seq[T])(p: T => Boolean): Int =
  xs.indexWhere(p)

```

### Uppgift 7. Sök bland LTH:s kurser med binärsökning.

Sökningsalgoritmen BINSEARCH kan formuleras med nedan pseudokod:

<p><b>Indata</b> : En växande sorterad sekvens <math>xs</math> med <math>n</math> heltal och ett eftersökt heltal <math>key</math></p> <p><b>Resultat</b>: Ett heltal <math>i \geq 0</math> som anger platsen där <math>x</math> finns, eller ett negativt tal <math>i</math> där <math>-i</math> motsvarar platsen där <math>x</math> ska sättas in i sorterad ordning om <math>x</math> ej finns i samlingen.</p> <pre> 1 sätt intervallet (<math>low</math>, <math>high</math>) till <math>(0, n - 1)</math> 2 <math>found \leftarrow \mathbf{false}</math> 3 <math>mid \leftarrow -1</math> 4 <b>while</b> <math>low \leq high</math> <b>and not</b> <math>found</math> <b>do</b> 5   <math>mid \leftarrow</math> platsen mitt emellan <math>low</math> och <math>high</math> 6   <b>if</b> <math>xs(mid) == key</math> <b>then</b> 7     <math>found \leftarrow \mathbf{true}</math> 8   <b>else</b> 9     <b>if</b> <math>xs(mid) &lt; key</math> <b>then</b> 10      <math>low \leftarrow mid + 1</math> 11     <b>else</b> 12      <math>high \leftarrow mid - 1</math> 13     <b>end</b> 14   <b>end</b> 15 <b>end</b> 16 <b>if</b> <math>found</math> <b>then</b> 17   <b>return</b> <math>mid</math> 18 <b>else</b> 19   <b>return</b> <math>-(low + 1)</math> 20 <b>end</b> </pre>
--

a) Prova algoritmen ovan med penna och papper på en sorterade sekvens med mindre än 10 heltal. Prova om algoritmen fungerar med ett jämt antal



tal, ett udda antal tal, en sekvens med ett heltal och en tom sekvens. Prova både om talet du letar efter finns och om det inte finns.

b) Implementera binärsökning i en funktion med signaturen

```
def binarySearch(xs: Seq[String], key: String): Int = ???
```

och testa i REPL för olika fall. Vad händer om sekvensen inte är sorterad?

c) Använd `binarySearch` för att leta efter LTH-kurser enligt nedan. Använd `rndCode`, `timed` och `courses` från tidigare uppgifter.

```
def binarySearch(xs: Seq[String], key: String): Int = ???

val lthCodesSorted = courses.lth2016.map(_.code).sorted
val xs = Vector.fill(500000)(rndCode)
val (_, elapsedBin) =
  timed{xs.map(x => binarySearch(lthCodesSorted, x))}
val (_, elapsedLin) =
  timed{xs.map(x => linearSearch(lthCodesSorted)(_ == x))}
println(elapsedLin / elapsedBin)
```

```
// kod till facit
def binarySearch(xs: Seq[String], key: String): Int = {
  var (low, high) = (0, xs.size - 1)
  var found = false
  var mid = -1
  while (low <= high && !found) {
    mid = (low + high) / 2
    if (xs(mid) == key) found = true
    else if (xs(mid) < key) low = mid + 1
    else high = mid - 1
  }
  if (found) mid else -(low + 1)
}
```

d) Hur mycket snabbare blev binärsökningen jämfört med linjärsökningen?<sup>9</sup>

**Uppgift 8. Linjärsökning i Java.** Denna uppgift bygger vidare på uppgift 7 i kapitel 9. Du ska göra en variant på linjärsökning som innebär att leta upp första yatzy-raden i en matris där varje rad innehåller utfallet av 5 tärningskast.

a) Du ska lägga till metoderna `isYatzy` och `findFirstYatzyRow` i klassen `ArrayMatrix` i uppgift 7 i kapitel 9 enligt nedan skiss. Vi börjar med metoden `isYatzy` i denna deluppgift (nästa deluppgift handlar om `findFirstYatzyRow`). OBS! Det finns en bug i `isYatzy` – rätta bugen och testa så att den fungerar.

```
public static boolean isYatzy(int[] dice){ /* has one bug! */
    int col = 1;
```

<sup>9</sup>Vid en körning på en i7-4970K med 4.0GHz tog `elapsedLin` cirka 2500 ms och `elapsedBin` cirka 70 ms och binärsökning var alltså en faktor 35 gånger snabbare än linjärsökning.

```

    boolean allSimilar = true;
    while (col < dice.length && allSimilar) {
        allSimilar = dice[0] == dice[col];
    }
    return allSimilar;
}

/** Finds first yatzy row in m; returns -1 if not found */
public static int findFirstYatzyRow(int[][] m, int n){
    int row = 0;
    int result = -1;
    while (???) {
        /* linear search */
    }
    return result;
}

```

```

// kod till facit
public static boolean isYatzy(int[] dice){
    int col = 1;
    boolean allSimilar = true;
    while (col < dice.length && allSimilar) {
        allSimilar = dice[0] == dice[col];
        col++;
    }
    return allSimilar;
}

```

b) Implementera findFirstYatzyRow. Skapa först pseudo-kod för länjärsökningsalgoritmen innan du skriver implementationen i Java. Testa ditt program genom att lägga till följande rader i huvudprogrammet. Metoden fillRnd ingår i uppgift 7 i kapitel 9.

```

int[][] yss = new int[2500][5];
fillRnd(yss, 6);
int i = findFirstYatzyRow(yss);
System.out.println("First Yatzy Index: " + i);

```

```

// kod till facit
public static int findFirstYatzyRow(int[][] m){
    int row = 0;
    int result = -1;
    while (row < m.length && result < 0){
        if (isYatzy(m[row])) {
            result = row;
        } else {

```

```

        row = row + 1;
    }
}
return result;
}

```

**Uppgift 9.** Implementera sortering av en heltalssekvens till en *ny* sekvens med **insättningssortering** (eng. *insertion sort*) i en funktion med följande signatur:

```
def insertionSort(xs: Seq[Int]): Seq[Int] = ???
```

*Lösningssidé:* Skapa en ny, tom sekvens som ska bli vårt sorterade resultat. För varje element i den osorterade sekvensen: Sätt in det på rätt plats i den nya sorterade sekvensen.

a) *Pseudokod:* Kör nedan pseudokod med papper och penna t.ex. på sekvensen 5 1 4 3 2 1. Rita minnessituationen efter varje runda i loopen. Här använder vi internt i funktionen föränderliga `ArrayBuffer` som är snabb på insättning och avslutar med `toVector` så att vi lämnar ifrån oss en oföränderlig sekvens.

```

1 result ← en ny, tom ArrayBuffer
2 foreach element e in xs do
3   pos ← leta upp rätt position i result
4   stoppa in e på plats pos i result
5 end
6 result.toVector

```

b) Implementera `insertionSort`. Använd en **while**-loop för att implementera rad 3 i pseudokoden. Sök upp dokumentationen för metoden `insert` på `ArrayBuffer`. Testa `insert` på `ArrayBuffer` i REPL och verifiera att den kan användas för att stoppa in på slutet på den "oanvända" positionen som är precis efter sista positionen. Vad händer om man gör `insert` på positionen `size + 2`?

Klistra in din implementation av `insertionSort` i REPL och testa så att allt fungerar:

```

1 scala> insertionSort(Vector())
2 res0: Seq[Int] = Vector()
3
4 scala> insertionSort(Vector(42))
5 res1: Seq[Int] = Vector(42)
6
7 scala> insertionSort(Vector(1,2,3))
8 res2: Seq[Int] = Vector(1, 2, 3)
9
10 scala> insertionSort(Vector(5,1,4,3,2,1))
11 res3: Seq[Int] = Vector(1, 1, 2, 3, 4, 5)

```

```
1 // kod till facit:
```

```

2 def insertionSort(xs: Seq[Int]): Seq[Int] = {
3   val result = scala.collection.mutable.ArrayBuffer.empty[Int]
4   for (e <- xs) {
5     var pos = 0
6     while (pos < result.size && result(pos) < e) pos += 1
7     result.insert(pos,e)
8   }
9   result.toVector
10 }

```

**Uppgift 10.** Implementera sortering på plats (eng. *in-place*) i en `Array[String]` med urvalssortering (eng. *selection sort*)

*Lösningssidé:* För alla index  $i$ : sök *minIndex* för ”minsta” strängen från plats  $i$  till sista plats och byt plats mellan strängarna på plats  $i$  och plats *minIndex*. Se även animering här: [sv.wikipedia.org/wiki/Urvalssortering](http://sv.wikipedia.org/wiki/Urvalssortering)

Implementera enligt nedan skiss. *Tips:* Du har nytta av en modifierad variant av lösningen till uppgift 17 i kapitel 2.

```

def selectionSortInPlace(xs: Array[String]): Unit = {
  def indexOfMin(startFrom: Int): Int = ???
  def swapIndex(i1: Int, i2: Int): Unit = ???
  for (i <- 0 to xs.size - 1) swapIndex(i, indexOfMin(i))
}

```

// kod till facit

```

def selectionSortInPlace(xs: Array[String]): Unit = {

  def indexOfMin(startFrom: Int): Int = {
    var minPos = startFrom
    var i = startFrom + 1
    while (i < xs.size) {
      if (xs(i) < xs(minPos)) minPos = i
      i += 1
    }
    minPos
  }

  def swapIndex(i1: Int, i2: Int): Unit = {
    val temp = xs(i1)
    xs(i1) = xs(i2)
    xs(i2) = temp
  }

  for (i <- 0 to xs.size - 1) swapIndex(i, indexOfMin(i))
}

```

### 10.1.2 Extrauppgifter

**Uppgift 11.** *Undersök om en sekvens är sorterad.* Ett enkelt och lättläst sätt att undersöka om en sekvens är sorterad visas nedan. Denna lösning är dock relativt långsam för stora samlingar.

```
1 scala> def isSorted(xs: Vector[Int]): Boolean = xs == xs.sorted
```

-  a) Om  $xs$  har  $10^6$  element, hur många jämförelser kommer i värsta fall att ske med `isSorted` enligt ovan. *Tips:* metoden `sorted` använder algoritmen Timsort<sup>10, 11</sup>.

Svar till facit:  $n + n * \log(n)$

- b) Implementera en effektivare variant av `isSorted` som använder en **while**-sats.
- c) Man kan kolla om en sekvens är sorterad med det listiga tricket att först zippa sekvensen med sin egen svans och sedan kolla om alla element-par uppfyller sorteringskriteriet, alltså `xs.zip(xs.tail).forall(???)` där `???` byts ut mot lämpligt predikat. Vilken typ har 2-tupeln `xs.zip(xs.tail)` om `xs` är av typen `Vector[Int]`? Implementera `isSorted` med detta listiga trick. (Senare, i fördjupningsuppgift 15, ska vi göra `isSorted` generellt användbar för olika typer och olika ordningsdefinitioner.)

```
// kod till facit
def isSorted(xs: Vector[Int]): Boolean =
  xs.zip(xs.tail).forall(x => x._1 <= x._2)
```

**Uppgift 12.** Implementera och testa sortering på plats i en array med heltal med *instickssortering*<sup>12</sup>.

- a) Implementera och testa funktionen nedan i Scala med följande signatur:

```
def insertionSort(xs: Array[Int]): Unit
```

Placera metoden i ett objekt med lämpligt namn, samt skapa ett huvudprogram med testkod. Kompilera och kör från terminalen. Börja med att skriva sorteringsalgoritmen i pseudokod.

- b) Implementera och testa metoden nedan i Java med följande signatur:

```
public static void insertionSort(int[] xs)
```

Placera metoden i en klass med lämpligt namn, samt skapa ett huvudprogram med testkod. Börja med att skriva sorteringsalgoritmen i pseudokod.

<sup>10</sup>[en.wikipedia.org/wiki/Timsort](https://en.wikipedia.org/wiki/Timsort)

<sup>11</sup>[stackoverflow.com/questions/14146990/what-algorithm-is-used-by-the-scala-library-method-vector-sorted](https://stackoverflow.com/questions/14146990/what-algorithm-is-used-by-the-scala-library-method-vector-sorted)

<sup>12</sup>[en.wikipedia.org/wiki/Insertion\\_sort](https://en.wikipedia.org/wiki/Insertion_sort)

**Uppgift 13.** Implementera och testa sortering till ny sekvens med urvalssortering<sup>13</sup> i Scala, enligt nedan skiss. *Tips:* Du har nytta av lösningen till uppgift 17 i kapitel 2.

```
def selectionSort(xs: Seq[String]): Seq[String] = {
  def indexOfMin(xs: Seq[String]): Int = ???
  val unsorted = xs.toBuffer
  val result = scala.collection.mutable.ArrayBuffer.empty[Int]
  /*
  så länge unsorted inte är tom {
    minPos = indexOfMin(unsorted)
    elem   = unsorted.remove(minPos)
    result.append(elem)
  }
  */
  result.toVector
}
```

### 10.1.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 14.** *Typklasser och implicita parametrar.* I Scala finns möjligheter till avancerad funktionsprogrammering med s.k. **typklasser**, som definierar generella beteenden som fungerar för befintliga typer utan att implementationen av dessa befintliga typer behöver ändras. Vi nosar i denna uppgift på hur implicita argument kan användas för att skapa typklasser, illustrerat med hjälp av implicita ordningarna, som är en typisk och användbar tillämpning av konceptet typklasser.

a) *Implicit parameter och implicit värde.* Med nyckelordet **implicit** framför en parameter öppnar man för möjligheten att låta kompilatorn ge argumentet "automatiskt" om den kan hitta ett värde med passande typ som också är deklarerat med **implicit**, så som visas nedan.

```
1 scala> def add(x: Int)(implicit y: Int) = x + y
2 scala> add(1)(2)
3 scala> add(1)
4 scala> implicit val ngtNamn = 42
5 scala> add(1)
```

Vad blir felmeddelandet på rad 3 ovan? Varför fungerar det på rad 5 utan fel?

b) *Typklasser.* Genom att kombinera koncepten implicita värden, generiska klasser och implicita parametrar får man möjligheten att göra typklasser, så som CanCompare nedan, som vi kan få att fungera för befintliga typer utan att de behöver ändras.

Vad händer nedan? Vilka rader ger felmeddelande? Varför?

<sup>13</sup>[en.wikipedia.org/wiki/Selection\\_sort](http://en.wikipedia.org/wiki/Selection_sort)

```

1 scala> trait CanCompare[T] { def compare(a: T, b: T): Int }
2 scala> def sort2[T](a: T, b: T)(implicit cc: CanCompare[T]): (T, T) =
3     if (cc.compare(a, b) > 0) (b, a) else (a, b)
4 scala> sort2(42, 41)
5 scala> implicit object intComparator extends CanCompare[Int]{
6     override def compare(a: Int, b: Int): Int = a - b
7 }
8 scala> sort2(42, 41)
9 scala> sort2(42.0, 41.0)

```

c) Definiera ett implicit objekt som gör så att sort2 fungerar för värden av typen Double.

d) Definiera ett implicit objekt som gör så att sort2 fungerar för värden av typen String.

**Uppgift 15.** *Användning av implicit ordning.* Vi ska nu göra isSorted från uppgift 11 mer generellt användbar genom att möjliggöra att implicita ordningsfunktioner finns tillgängliga för olika typer.

a) Med signaturen isSorted(xs: Vector[Int]): Boolean så fungerar sorteringstestet bara för samlingar av typen Vector[Int]. Om vi i stället använder isSorted(xs: Seq[Int]): Boolean fungerar den för alla samlingar med heltal, även Array och List. Testa nedan funktion i REPL med heltalssekvenser av olika typ.

```
def isSorted(xs: Seq[Int]): Boolean = xs == xs.sorted
```

b) Men vi vill gärna att isSorted ska fungera för godtyckliga typer T som har en ordningsdefinition. Detta kan göras med nedan funktion eftersom metoden sorted är definierad för alla samlingar där typen T har en implicit ordning. Speciellt gäller detta för alla de grundtyperna Int, Double, String, etc.

```
def isSorted[T](xs: Seq[T]): Boolean = xs == xs.sorted
```

Testa metoden ovan i REPL enligt nedan.

```

1 scala> isSorted(Vector(1,2,3))
2 scala> isSorted(Array(1,2,3,1))
3 scala> isSorted(Vector("A","B","C"))
4 scala> isSorted(List("A","B","C","A"))
5 scala> class Person(firstName: String, familyName: String)
6 scala> val persons = Vector(Person("Zeb", "Robson"), Person("Robin","Zebson"))
7 scala> isSorted(persons)

```

Vad ger sista raden för felmeddelande? Varför?

c) Vi vill gärna kunna jämföra element av godtycklig typ T, så att vi till exempel ska kunna implementera en generisk isSorted med **while** eller vårt zip-trick från uppgift 11c. Men det blir problem enligt nedan. Hur lyder felmeddelandet? Vad saknas?

```
1 scala> def isSorted[T](xs: Seq[T]): Boolean =
```

```
2 xs.zip(xs.tail).forall(x => x._1 <= x._2)
```

d) *Implicita ordningar*: Man kan berätta för kompilatorn att den ska leta efter implicita ordningar av typen `T`. Detta kan göras genom att utöka signaturen för `isSorted` med en andra parameterlista, som tar en implicit parameter enligt följande:

```
def isSorted[T](xs: Seq[T])(implicit ord: Ordering[T]): Boolean =
  xs.zip(xs.tail).forall(x => ord.lteq(x._1, x._2))
```

Det finns fördefinierade implicita objekt `Ordering[T]` för alla grundtyper, alltså t.ex. `Ordering[Int]`, `Ordering[String]`, etc. Objekt av typen `Ordering` har jämförelsemetoder som t.ex. `lteq` (förk. *less than or equal*) och `gt` (förk. *greater than*). Testa så att kompilatorn hittar ordningen för samlingar av värden av inbyggda typer. Visa även att det fortfarande blir problem för egendefinerade klasser, t.ex. `Person` enligt tidigare (detta ska vi råda bot på i uppgift 16).

e) *Importera implicita ordningsoperatorer från en Ordering*. Om man gör import på ett `Ordering`-objekt får man tillgång till implicita konverteringar som gör att jämförelseoperatorerna fungerar. Testa nedan variant av `isSorted` på olika sekvenstyper och verifiera att `<=`, `>`, etc., nu fungerar enligt nedan.

```
def isSorted[T](xs: Seq[T])(implicit ord: Ordering[T]): Boolean = {
  import ord._
  xs.zip(xs.tail).forall(x => x._1 <= x._2)
}
```

### Uppgift 16. Skapa egen implicit ordning med Ordering.

a) Ett sätt att skapa en egen, specialanpassad ordning är att mappa dina objekt till typer som redan har en implicit ordning. Med hjälp av metoden `by` i objektet `scala.math.Ordering` kan man skapa ordningar genom bifoga en funktion `T => S` där `T` är typen för de objekt du vill ordna och `S` är någon annan typ, t.ex. `String` eller `Int`, där det redan finns en implicit ordning.

```
1 scala> case class Team(name: String, rank: Int)
2 scala> val xs =
3     Vector(Team("fnatic", 1499), Team("nlp", 1473), Team("lumi", 1601))
4 scala> xs.sorted // Hur lyder felmeddelandet? Varför blir det fel?
5 scala> val teamNameOrdering = Ordering.by((t: Team) => t.name)
6 scala> xs.sorted(teamNameOrdering) //explicit ordning
7 scala> implicit val teamRankOrdering = Ordering.by((t: Team) => t.rank)
8 scala> xs.sorted // Varför funkar det nu?
```

b) Vill man sortera i omvänd ordning kan man använda `Ordering.fromLessThan` som tar en funktion `(T, T) => Boolean` vilken ska ge `true` om första parametern ska komma före, annars `false`. Om vi vill sortera efter rank i omvänd ordning kan vi göra så här:

```
1 scala> val highestRankFirst =
2     Ordering.fromLessThan[Team]((t1, t2) => t1.rank > t2.rank)
```



```
3 scala> xs.sorted(highestRankFirst)
```

c) Om du har en case-klass med flera fält och vill ha en fördefinierad implicit sorteringsordning samt även erbjuda en alternativ sorteringsordning kan du placera olika ordningsdefinitioner i ett kompanjonsobjekt; detta är nämligen ett av de ställen där kompilatorn söker efter eventuella implicita värden innan den ger upp att leta.

```
case class Team(name: String, rank: Int)
object Team {
  implicit val highestRankFirst = Ordering.fromLessThan[Team]{
    (t1, t2) => t1.rank > t2.rank
  }
  val nameOrdering = Ordering.by((t: Team) => t.name)
}
```

```
1 scala> :pa
2 // Exiting paste mode, now interpreting.
3 case class Team(name: String, rank: Int)
4 object Team {
5   implicit val highestRankFirst =
6     Ordering.fromLessThan[Team]{(t1, t2) => t1.rank > t2.rank}
7   val nameOrdering = Ordering.by((t: Team) => t.name)
8 }
9 scala> val xs =
10   Vector(Team("fnatic", 1499), Team("nip", 1473), Team("lumi", 1601))
11 scala> xs.sorted
12 scala> xs.sorted(Team.nameOrdering)
```

d) Det går också med kompanjonsobjektet ovan att få jämförelseoperatorer att fungera med din case-klass, genom att importera medlemmarna i lämpligt ordningsobjekt. Verifiera att så är fallet enligt nedan:

```
1 scala> Team("fnatic",1499) < Team("gurka", 2) // Vilket fel? Varför?
2 scala> import Team.highestRankFirst._
3 scala> Team("fnatic",1499) < Team("gurka", 2) // Inget fel? Varför?
```

**Uppgift 17.** *Specialanpassad ordning genom att ärva från Ordered.* Om det finns en väldefinierad, specifik ordning som man vill ska gälla för sina case-klass-instanser kan man göra den ordnad genom att låta case-klassen mixa in traiten `Ordered` och implementera den abstrakta metoden `compare`.

*Bakgrund för kännedom:* En trait som används på detta sätt kallas **gränssnitt** (eng. *interface*), och om man *implementerar* ett gränssnitt så uppfyller man ett ”kontrakt”, som i detta fall innebär att man implementerar det som krävs av ordnade objekt, nämligen att de har en konkret `compare`-metod. Du lär dig mer om gränssnitt i kommande kurser.

a) Implementera case-klassen `Team` så att den är en subtyp till `Ordered` enligt nedan skiss. Högre rankade lag ska komma före lägre rankade lag. Metoden

compare ska ge ett heltal som är negativt om **this** kommer före that, noll om de ordnas lika, annars positivt.

```
case class Team(name: String, rank: Int) extends Ordered[Team]{
  override def compare(that: Team): Int = ???
}
```

*Tips:* Du kan anropa metoden compare på alla grundtyper, t.ex. Int, eftersom de är implicit ordnade. Genom att negera uttrycket blir ordningen den omvända.

```
1 scala> -(2.compare(1))
```


b) Testa att din case-klass nu uppfyller det som krävs för att vara ordnad.

```
1 scala> Team("fnatic",1499) < Team("gurka", 2)
```

```
// kod till facit
case class Team(name: String, rank: Int) extends Ordered[Team]{
  override def compare(that: Team): Int = -rank.compare(that.rank)
}
```

**Uppgift 18. Jämförelsestöd i Java.** Java har motsvarigheter till Ordering och Ordered, som heter `java.util.Comparator` och `java.lang.Comparable`. I själva verket så är Scalas Ordering en subtyp till Javas Comparator, medan Scalas Ordered är en subtyp till Javas Comparable.

- Javas Comparator och Scalas Ordering används för att skapa fristående ordningar som kan jämföra *två olika* objekt. I Scala kan dessa göras implicit tillgängliga. I Javas samlingsbibliotek skickas instanser av Comparator med som explicita argument.
- Javas Comparable och Scalas Ordered används som syptyp för klasser som vill kunna jämföra "sig själv" med andra objekt och har *en* naturlig ordningsdefinition.

a) Sök upp dokumentationen för `java.util.Comparator`. Vilken abstrakt metod måste implementeras och vad gör den? 

b) I paketet `java.util.Arrays` finns en metod `sort` som tar en `Array[T]` och en `Comparable[T]`. Testa att använda dessa i REPL enligt nedan skiss. Starta om REPL så att ev. tidigare implicita ordningar för Team inte finns kvar.

```
1 scala> import java.util.Comparator
2 scala> val teamComparator = new Comparator[Team]{
3     def compare(o1: Team, o2: Team) = ???
4 }
5 scala> val xs =
6     Array(Team("fnatic", 1499), Team("nlp", 1473), Team("lumi", 1601))
7 scala> java.util.Arrays.sort(xs.toArray, teamComparator)
8 scala> xs
```

```
// kod till facit
val teamComparator = new Comparator[Team]{
  def compare(o1: Team, o2: Team) = o2.rank - o1.rank
}
```

c) I Scala finns en behändig metod `Ordering.comparatorToOrdering` som skapar en implicit tillgänglig ordning om man har en `java.util.Comparator`. Testa detta enligt nedan i REPL, med deklarationerna från föregående deluppgift.

```
1 scala> implicit val teamOrd = Ordering.comparatorToOrdering(teamComparator)
2 scala> xs.sorted
```

 d) Sök upp dokumentationen för `java.lang.Comparable`. Vilken abstrakt metod måste implementeras och vad gör den?

e) Gör så att klassen `Point` är `Comparable` och att punkter närmare origo sorteras före punkter som är längre ifrån origo enligt nedan skiss. I Scala är typer som är `Comparable` implicit även `Ordered`, varför sorteringen nedan funkar. Verifiera detta i REPL när du klurat ut hur implementera `compareTo`.

```
case class Point(x: Int, y: Int) extends Comparable[Point] {
  def distanceFromOrigin: Double = ???
  def compareTo(that: Point): Int = ???
}
```

```
1 scala> val xs = Seq(Point(10,10), Point(2,1), Point(5,3), Point(0,0))
2 scala> xs.sorted
```

```
// kod till facit
case class Point(x: Int, y: Int) extends Comparable[Point] {
  def distanceFromOrigin: Double = math.hypot(x, y)
  def compareTo(that: Point): Int =
    (distanceFromOrigin - that.distanceFromOrigin).round.toInt
}
```

**Uppgift 19.** *Fixa svensk sorteringsordning av ÄÅÖ.* Svenska bokstäver kommer i, för svenskar, konstig ordning om man inte vidtar speciella åtgärder. Med hjälp av klassen `java.text.Collator` kan man få en `Comparator` för strängar som följer lokala regler för en massa språk på planeten jorden.

a) Verifiera att sorteringsordningen blir rätt i REPL enligt nedan.

```
1 scala> val fel = Vector("ö", "å", "ä", "z").sorted
2 scala> val svColl = java.text.Collator.getInstance(new java.util.Locale("sv"))
3 scala> val svOrd = Ordering.comparatorToOrdering(svColl)
4 scala> val rätt = Vector("ö", "å", "ä", "z").sorted(svOrd)
```

b) Använd metoden ovan för att skriva ett program som skriver ut raderna i en textfil i korrekt svensk sorteringsordning. Programmet ska kunna köras med kommandot:

```
scala sorted -sv textfil.txt
```

c) Läs mer här:

[stackoverflow.com/questions/24860138/sort-list-of-string-with-localization-in-scala](https://stackoverflow.com/questions/24860138/sort-list-of-string-with-localization-in-scala)

**Uppgift 20.** I klassen `java.util.Arrays`<sup>14</sup> finns en statisk metod `binarySearch` som kan användas enligt nedan.

```
1 scala> val xs = Array(5,1,3,42,-1)
2 scala> java.util.Arrays.sort(xs)
3 scala> xs
4 scala> java.util.Arrays.binarySearch(xs, 42)
5 scala> java.util.Arrays.binarySearch(xs, 43)
```

Skriv ett valfritt Javaprogram som testar `java.util.Arrays.binarySearch`. Använd en array av typen `int[]` med några heltal som först sorteras med `java.util.Arrays.sort`. Skriv ut det som returneras från `java.util.Arrays.binarySearch` i olika fall genom att söka efter tal som finns först, mitt i, sist och tal som saknas. *Tips:* Man kan deklarera en array, allokera den och fylla den med värden så här i Java:

```
int[] xs = new int[]{5, 1, 3, 42, -1};
```

**Uppgift 21.** Fördjupa dig inom webbt teknologi.

- a) Lär dig om HTML här: <http://www.w3schools.com/html/>
- b) Lär dig om Javascript här: <http://www.w3schools.com/js/>
- c) Lär dig om CSS här: <http://www.w3schools.com/css/>
- d) Lär dig om Scala.JS här: <http://www.scala-js.org/>

---

<sup>14</sup>[docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Arrays.html](https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Arrays.html)

## 10.2 Laboration: surveydata

### Mål

- ☐ Att lära sig.

### Förberedelser

- ☐ Att göra.

### 10.2.1 Obligatoriska uppgifter

**Uppgift 1.** En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

### 10.2.2 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 2.** En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.



# Kapitel 11

## Scala och Java

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ översikt av syntaxskillnader mellan Scala och Java
- ☐ klasser i Scala vs Java
- ☐ referensvariabler vs enkla värden i Java
- ☐ referenstilldelning vs värdetilldelning i Java
- ☐ alternativ konstruktor i Scala och Java
- ☐ for-sats i Java
- ☐ java for-each i Java
- ☐ java.util.ArrayList
- ☐ autoboxing i Java
- ☐ primitiva typer i Java
- ☐ wrapperklasser i Java
- ☐ samlingar i Java vs Scala
- ☐ scala.collection.JavaConverters
- ☐ översiktligt om relationen mellan trait och interface
- ☐ namnkonventioner för konstanter
- ☐ enum i java ???
- ☐ mer om filer ???
- ☐ serialisering ???

## 11.1 Övning: scalajava

### Mål

- ☐ TODO!!!

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 11.

### 11.1.1 Grunduppgifter

TODO!!!

**Uppgift 1.** *Grundläggande syntaxskillnader mellan Scala och Java.*

- a) Översätt nedan kod från Scala till Java. TODO!!!

- b) Översätt nedan kod från Java till Scala. TODO!!!

**Uppgift 2.** *Klasser i Scala kontra klasser i Java.*

- a) Översätt nedan klass från Scala till Java. Skriv koden i en editor i två filer, en för Scala och en för Java. Kompilera båda programmen i terminalen och starta REPL i samma bibliotek du kompilerat kodfilerna och testa att klasserna har (ungefär) motsvarande funktionalitet. För att namnen inte ska krocka, kalla javapunkten JPoint.

*Tips:*

- I stället för Scalas `ArrayBuffer`, använd Javas `java.util.ArrayList`. Undersök dokumentationen för `ArrayList` för att hitta motsvarigheten till `append`.
- I stället för default-argumentet i Scalas primärkonstruktor, använd en extra Java-konstruktor.
- Placera kompanjonsobjektets medlemmar i Java-klassen som **static**-medlemmar.
- Kod i klasskroppen i Scalaklassen, så som if-satsen, placeras i lämplig konstruktor i Javaklassen.

```
1 class Point(val x: Int, val y: Int, addToGrid: Boolean = false) {
2   import Point._
3
4   if (addToGrid) grid.append(this)
5
6   def this() = this(0, 0)
7
8   def distanceTo(that: Point) = distanceBetween(this, that)
9 }
```



```

10  override def toString = s"Point($x, $y)"
11  }
12
13  object Point {
14      import scala.collection.mutable.ArrayBuffer
15
16      private val grid = ArrayBuffer.empty[Point]
17
18      def distanceBetween(p1: Point, p2: Point) =
19          math.hypot(p1.x - p2.x, p1.y - p2.y)
20
21      def showGrid: Unit = println(grid.mkString("Grid{", ";", "}"))
22  }

```

```

$ scalac Point.scala
$ javac JPoint.java
$ scala
scala> val p = new Point()
scala> val jp = new JPoint()

```

```

1  // kod till facit
2  import java.util.ArrayList;
3
4  public class JPoint {
5      private int x, y;
6
7      public JPoint(int x, int y){
8          this.x = x;
9          this.y = y;
10     }
11
12     public JPoint(int x, int y, boolean addToGrid){
13         this(x, y);
14         if (addToGrid) {
15             grid.add(this);
16         }
17     }
18
19     public JPoint(){
20         this(0, 0)
21     }
22
23     public int getX(){
24         return x;
25     }
26
27     public int getY(){

```

```

28     return y;
29 }
30
31 public double distanceTo(Point that) {
32     return distanceBetween(this, that);
33 }
34
35 @Override
36 public String toString() {
37     return "Point(" + x + ", " + y + ")";
38 }
39
40 private static ArrayList<Point> grid = new ArrayList<Point>();
41
42 public static Double distanceBetween(Point p1, Point p2) {
43     return Math.hypot(p1.x - p2.x, p1.y - p2.y);
44 }
45
46 public static void showGrid() {
47     print("Grid{");
48     for (int i = 0; i < p.size(); i++){
49         print(grid.get(i));
50         if (i < p.size() - 1) {
51             print(";");
52         }
53     }
54     print("}")
55 }
56 }

```

b) Översätt nedan klass JPerson från Java till en case-klass Person i Scala med (minst) mostvarande funktionalitet.

**TODO!!!**

```

public final class JPerson {
    private String name;
    private int age;

    public JPerson(final String name, final double weight){
        this.name = name;
        this.weight = weight;
    }

    public JPerson(final String name){
        this(name, 0);
    }
}

```

```

    public String getName {
        return name;
    }

    public int getAge {
        return age;
    }

    @Override
    public boolean equals(Object that){
        TODO
    }

    @Override
    public int hashCode{
        return name.hashCode() * 41 + age;
    }


    @Override
    public String toString {
        return "JPerson(" + name + ", " + age + ")";
    }
}

```

```

// kod till facit
case class Person(name: String, age: Int = 0)

```

-  c) Undersök i REPL vilken funktionalitet i case-klassen Person som *inte* är implementerad i JPerson ovan. Skriv upp namnen på case-klassens extra metoder samt deras signatur genom att för en Person-instans, och för komparsjonsobjektet Person, trycka på TAB-tangenten enligt nedan. Prova några av de extra metoderna i REPL och förklara vad de gör.

```

1 scala> val p = Person("Björn",49)
2 scala> p.      // tryck TAB en gång
3 scala> Person. // tryck TAB en gång
4 scala> p.copy  // tryck TAB en gång
5 scala> p.copy()
6 scala> p.copy(age = p.age + 1)
7 scala> Person.unapply(p)

```

**Uppgift 3.** *Auto(un)boxing i JVM.* I JVM måste typparametern för generiska klasser vara av referenstyp. I Scala löser kompilatorn detta åt oss så att vi ändå kan ha t.ex. `Int` som argument till en typparameter i Scala.

I Java och i den underliggande plattformen JVM används s.k. wrapper-klasser användas för att lösa detta, t.ex. genom wrapper-klassen `Integer` som boxar den primitiva typen `int`. Java-kompilatorn har stöd för att automa-

tiskt packa in värden av primitiv typ i sådana wrapper-klasser för att skapa referenstyper och kan även automatiskt packa upp dem.

a) Studera hur Scala-kompilatorn låter oss arbeta med en `Cell[Int]` även om det underliggande JVM:ens körtidstyp (eng. *runtime type*) är en wrapper-klass. Man kan se JVM-körtidstypen med metoderna `getClass` och `getTypeName` enligt nedan.

```
1 scala> class Cell[T](var value: T){
2     val typeName: String = value.getClass.getTypeName
3     override def toString = "Cell[" + typeName + "]" + value + ")"
4 }
5 scala> val c = new Cell(42)
6 scala> c.value.getClass.getTypeName
```

b) Vad är körtidstypen för `c.value` ovan? Förklara hur det kan komma sig?

c)

### 11.1.2 Extrauppgifter

**TODO!!! Uppgift 4.**

### 11.1.3 Fördjupningsuppgifter

**TODO!!! Uppgift 5.** Gränssnitt i Scala och Java.

## 11.2 Laboration: lthopoly-team

### Mål

- ☐ Förstå hur autoboxing fungerar i Java
- ☐ Förstå vad statiska metoder och attribut innebär
- ☐ Förstå skillnad mellan primitiva typer och objekt i listor
- ☐ Kunna byta mellan ArrayLists och Array
- ☐ Kunna hur man läser in från fil
- ☐ Kunna for-sats i Java

### Förberedelser

- ☐ Scanner
- ☐ ArrayList
- ☐ Statiskt
- ☐ Autoboxing
- ☐ Arv
- ☐ Läs igenom Bakgrunden, Kodstrukturen och alla kommentarer i kodskelettet.

### 11.2.1 Bakgrund

I denna labb skall ni tillverka ett spel kallat lthopoly, en variant av det välkända brädspellet Monopol med några simplifieringar. Varje spelare börjar med en summa pengar och förflyttar sig längs spelplanen. I början av en runda slår den aktiva spelaren en tärning och deras pjäs flyttas det antal steg som tärningen visar. Beroende på vilken av de tre möjliga ruttyperna spelaren hamnar på sker olika saker:

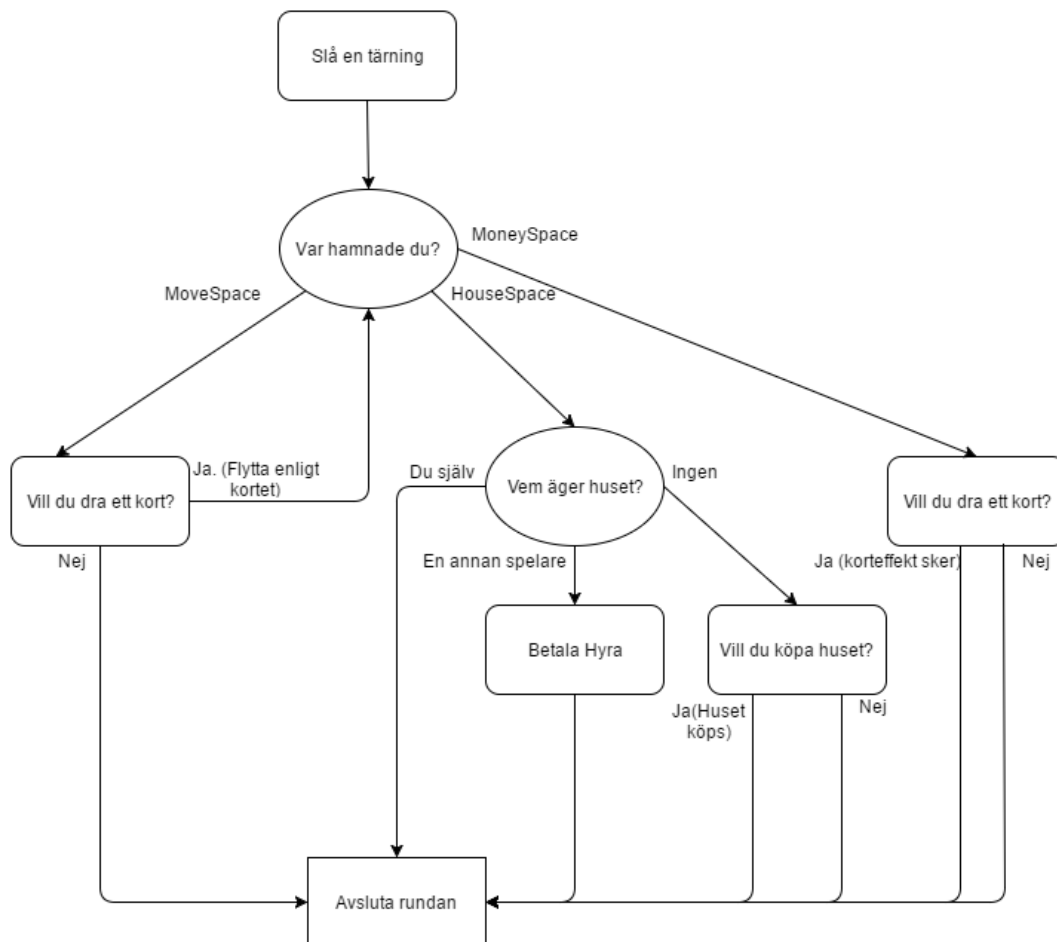
- **MoveSpace:** Om en spelare hamnar på denna ruta får den dra ett MoveCard, varpå spelaren förflyttas antingen framåt eller bakåt ett antal steg som kortet anger.
- **MoneySpace:** Om en spelare hamnar på denna ruta får den dra ett MoneyCard, varpå spelaren antingen förlorar eller vinner pengar enl. det som står på kortet.
- **HouseSpace:** Dessa rutor kan ägas utav spelare. Om en spelare landar på denna ruta utan att någon äger den så får den möjligheten att köpa den. Äger en annan spelare rutan blir den aktiva spelaren tvungen att betala hyra. Hyran är samma som inköpspriset.

Spelet ska uppfylla följande krav:

- Varje spelare måste alltid börja sin runda med att slå en tärning innan den gör någon annan spelhandling, d.v.s. någon annan handling som påverkar spelets tillstånd (exempelvis kan man alltid visa spelplanen eller avsluta spelet).

- Om någon spelare har mindre än 0 SEK kvar skall spelet sluta.
- Om någon spelare hamnar på en husruta som ägs av en annan spelare måste denne betala ägaren husets hyra i SEK. Om ingen äger huset ges spelaren möjlighet att köpa det för ett belopp motsvarande en hyra (förutsatt att den har råd).
- Om en spelare hamnar på en MoveSpace eller ett MoneySpace får spelaren möjligheten att dra ett kort. För MoveCard innebär detta en förflyttning (bakåt eller framåt) medan för MoneyCard en minskning eller ökning av pengar.
- Spelplanen skall vara cyklisk, d.v.s. att rutan direkt efter sista rutan är den första rutan på spelplanen.

Nedan visas ett förenklat flödesdiagram för en spelrunda.



Figur 11.1: Flödesdiagram för en spelrunda

Spelet avslutas när någon spelare får slut på pengar och spelaren med mest pengar vinner.

### 11.2.2 Kodstruktur

Klassen Player representerar en spelare. Varje spelare måste veta om sitt saldo och sin position på brädet.

#### class Player

```
/** Creates a new player*/
public Player(String name, int money, int pos);

/** Returns the players money*/
public int getMoney() ;

/** Adjusts the players money*/
public void adjustMoney(int money);

/** Returns the players position*/
public int getPosition();

/** Returns a string representation of the player*/
public String toString();

/** Sets the players position*/
public void setPosition(int pos) ;
```

MoneyCard och MoveCard är två liknande klasser som representerar kort som spelaren kan dra. MoneyCard ska spara information om hur mycket pengar som ska läggas eller tas bort, och MoveCard ska spara information om hur mycket en spelare skall förflytta sig när kortet dras. Båda ska även innehålla en beskrivning utav varför detta händer. Informationen för dessa kort läses in från textfilerna moneycards.txt och movecards.txt.

#### class MoneyCard

```
/**Creates a new MoneyCard*/
public MoneyCard( String description, int money);

/**Returns the cards money adjustment value*/
public int getMoney();

/**Returns the description of why the money is adjusted*/
public String getDescription();
```

#### class MoveCard

```
/**Creates a new MoveCard*/
public MoveCard( String description, int positionAdjustment) ;

/**Returns the position adjustment*/
public int getPositionAdjustment();

/**Returns the description of why the position is adjusted*/
public String getDescription();
```

Klasserna `MoneySpace` och `MoveSpace` ska ärva från den abstrakta klassen `BoardSpace`. `MoneySpace` och `MoveSpace` ska använda sig av en array med respektive `Cards`.

**class BoardSpace**

```
/** Returns a array of int describing possible
 * game actions available while on this space*/
public abstract int[] getPossibleActions(GameBoard board);

/** Executes a game action available while on this space*/
public abstract void action(GameBoard board, int action);

/** Returns a string representation of this BoardSpace*/
public abstract String toString();
```

Spelbrädets utseende bestäms av textfilen `board.txt`. Denna textfil specificerar både i vilken ordning de olika sorters rutorna kommer men även namn och hyra på `HouseSpace`. Klassen `DocumentParser` hanterar inläsning från fil och ska kunna läsa in `MoneyCards`, `MoveCards` samt hela spelplanen.

**class DocumentParser**

```
/**Returns a ArrayList of Boardspaces loaded from a file*/
public static ArrayList<BoardSpace> getBoard();

/**Returns a array of MoneyCards loaded from file*/
public static MoneyCard[] getMoneyCards();

/**Returns a array of MoveCards loaded from file*/
public static MoveCard[] getMoveCards();
```

Klassen `GameBoard` håller koll på spelets tillstånd. `GameBoard` kombinerar ovannämnda klasser för att bygga upp spelet. `GameBoard` har en metod `getPossibleActions()` som returnerar en lista över alla möjliga spelarhandlingar för den nuvarande spelaren. Denna används av `main`-metoden för att be användaren välja nästa handling. Olika sorters spelarhandlingar representeras av statiska `int`-variabler i klassen `GameBoard`. Vid val av handling matar användaren in handlingens siffervärde i konsolen. Varje handling motsvaras då alltid av samma inmatningsvärde för användaren.

**class GameBoard**

```
/** Creates a new board ready to play */
public GameBoard(List<Player> players);

/**Returns an int array containing possible game actions.
 * A game action can be any of the static constants in
 * GameBoard*/
public int[] getPossibleActions() ;

/** Checks whether the game is over or not */
public boolean isGameOver();

/** Returns the player with the most money */
```



```
public Player getRichestPlayer();

/** Returns a list of all players */
public List<Player> getPlayers();

/** Returns a list of all BoardSpaces */
public List<BoardSpace> getBoardSpaces();

/** Performs an action for the current player */
public void doAction(int action);

/** Returns the currently active player */
public Player getCurrentPlayer();

/** Returns the boardspace corresponding to the position
 * of the current player. */
public BoardSpace getCurrentBoardSpace();

/** Moves the currently active player adjustments spaces forward.
 * Negative adjustment moves the player backwards*/
public void moveCurrentPlayer(int adjustment);

/** Returns an ArrayList<Integer> where each element contains the total
 * sum of all players' money at the end of a round.
 * E.g. list.get(0) is the total amount of money in the game after the
 * first round. */
public ArrayList<Integer> getStatistics();

/** String Representation of the GameBoard */
public String toString() ;
```

Den visuella representationen av spelet sker via konsolfönstret med hjälp av klassen `TextUI`. `TextUI` är en färdigskriven klass med metoder som gör det enkelt att skriva ut spelplanen och en logg av spelhistoriken i konsolfönstret. När `addToLog()` anropas sparar den sitt argument i en lista och hela listan skrivs ut varje gång konsolen uppdateras via `updateConsole`-metoden. Utöver loggen skriver `updateConsole` även ut ett statusfönster med kortfattad information om varje spelare. Om spelaren väljer att visa spelplanen ska metoden `printBoard` istället anropas. Alla utskrifter under spelets gång ska gå via `TextUI`.

```

1 =====
2
3 Oskar slog en 2:a!
4 Oskar drog ett kort: Jädrans! Studiebidraget har sänkts. Förlora 40 SEK
5 Oskar har avslutat sin runda.
6 Nästa spelare: Jonas
7 Jonas slog en 3:a!
8 Jonas drog ett kort: Det lönade sig att leva på nudlar! Inkassera 50 SEK
9 Jonas har avslutat sin runda.
10 Nästa spelare: Valthor
11 Valthor slog en 5:a!
12 Grattis, Valthor är nu den stolta ägaren av V-Huset
13 Valthor har avslutat sin runda.
14 Nästa spelare: Oskar
15 Oskar slog en 2:a!
16 Namn-----Position-----Pengar----
17 Oskar*           Moroten och piskan(40)      260
18 Jonas           ChansRuta                    350
19 Valthor          V-Huset [Valthor](45)        255
20 -----
21 Välj ett alternativ:
22
23 3. Köp ett hus
24 5. Avsluta din runda
25 8. Visa standardvyn
26 9. Visa spelplanen
27 0. Avsluta Lthopoly
28
29 =====

```

Figur 11.2: Utskrift av standardvyn

```

1 Rutans Namn [Ägare] (Pris/Hyra) (Spelare, Pengar)*
2 -----
3 Studiecentrum(20)
4 A-huset(25)
5 ChansRuta
6 ChansRuta (Jonas,350)
7 Moroten och piskan(40) (Oskar,260)
8 V-Huset [Valthor](45) (Valthor,255)
9 RiskRuta
10 ChansRuta
11 LED-Cafe(70)
12 F-Huset(75)
13 ChansRuta
14 RiskRuta
15 Ideet(80)
16 ChansRuta
17 E-huset(100)
18 RiskRuta

```

Figur 11.3: Utskrift av spelplanen

*Specification TextUI*

```

    /** Prints an ASCII plot of the total amount
    of money in the game as a function of the turn index*/
    def plotStatistics(x: Buffer[Int]): Unit

    /** Appends the String s to the end of the UI's event log */
    def addToLog(s: String): Unit

    /** Reprints the current state of the UI using the given
    GameBoard to print the status bar*/
    def updateConsole(board: GameBoard): Unit

    /** Asks the user to select an option from a list of options
    *
    * @param options an Array of tuples of the form (choice, description)
    *               where choice is the number the user should enter to select
    *               the choice represented by description,
    *               e.g. (0, "End Game") allows the user to input 0 to end
    *               the game.
    * @return       the selected choice
    */
    def promptForInput(options: Array[(Int, String)]): Int

    /** Prints the entire GameBoard */
    def printBoard(board: GameBoard): Unit

```

### 11.2.3 Obligatoriska uppgifter

**Uppgift 1.** All information om olika kort och om spelplanens upplägg finns i textfiler som måste läsas in med hjälp av metoderna i klassen DocumentParser. Textfilerna moneycards.txt och movecards.txt innehåller information om de olika korten som finns. Varje rad innehåller en förklaring för kortet följt av ett värde separerat med semikolon. Dessa sparas i en vektor och när en spelare hamnar på en MoveSpace eller MoneySpace dras ett slumpmässigt kort från vektorn. Vektorn måste alltså skickas med till motsvarande ruta när rut-objektet skapas. Filen board.txt innehåller spelplanen, men behandlas först i uppgift 3.

För att skapa ett File-objekt med informationen från filerna kan följande kod användas:

```
File f = new File(DocumentParser.class.getResource("/moneycards.txt").getFile());
```

Därefter kan ni använda er av ett scanner-objekt som får tillgång till Filen för att läsa in en rad i taget. Se textfilerna moneycards.txt, movecards.txt och board.txt i mappen resources för förståelse för hur inläsningen bör gå till för korten.

Ni kan nyttja metoden `String.split(String delimiter)` för att dela en sträng i en array av fält, där `delimiter` är den avgränsade strängen som används vid uppdelningen.

- a) Implementera klassen `MoveCard`.
- b) Implementera klassen `MoneyCard`.
- c) Implementera metoderna `getMoneyCards()` och `getMoveCards()` i `DocumentParser`. Metoderna ska klara av att läsa in ett variabelt antal kort.
- d) Implementera klassen `Player`.

**Tips:** För att konvertera mellan `ArrayLists` och arrays kan `ArrayLists.toArray()` metod användas enligt följande:

```
ArrayList<MyClass> list = new ArrayList<MyClass>();  
MyClass[] arr = list.toArray(new MyClass[]{});
```

**Uppgift 2.** I denna uppgift skall de tre olika subklasserna till `BoardSpace` implementeras. Tänk på att `MoveSpace` och `MoneySpace` behöver tillgång till respektive kortlekar. För att skriva metoderna `action` och `getPossibleActions` kommer ni behöva nyttja att klassen `GameBoard` har statiska konstanterna som representerar de olika spelarvalen.

- a) Implementera en klass för varje typ av spelruta.

**Obs!** Än så länge kommer logiken inte fungera då inga metoder är implementerade i `BoardGame`, det går trots detta bra att anropa metoderna utan kompileringsfel (i väntan på att de implementeras).

**Uppgift 3.** Nu är det dags att implementera `getBoard()` i klassen `DocumentParser`. I denna metod skall ni läsa in från filen `board.txt` och nyttja de metoder ni redan skrivit för att nu kunna skapa `MoveSpaces` och `MoneySpaces`. Radernas ordning i filen bestämmer deras ordning på spelplanen. Varje rad börjar antingen med orden "Move", "Money" eller "House". House-rader följs dessutom av husets hyra och dess namn separerat av semikolon. Baserat på radens första ord skall ett motsvarande objekt konstrueras och läggas till i en `ArrayList<BoardSpace>` som slutligen returneras.

- a) Implementera `getBoard()`.

### Fundera på

- Behöver flera objekt skapas av varje rutttyp?

**Uppgift 4.** Implementera alla metoder utom `getStatistics()` i `GameBoard` (se specifikationen).

**Tips:**

- Ni kan använda privata hjälpmetoder för att underlätta implementeringen.
- Metoden `printStatistics` i klassen `TextUI` tar en vektor av `int`-värden som inparameter, vilket är opassande då det underlättar att lagra pengahistoriken i en `ArrayList` (eftersom dess storlek inte är bestämd). Det är därför lämpligt att skriva en metod som flyttar över samtliga `Integer`-objekt från `ArrayList<Integers>` till en vektor av primitiva `int`-värden. Detta fungerar trots att de har olika typer p.g.a. autoboxing.
- Tänk på att spelarna skall kunna gå runt spelplanen ett obegränsat antal gånger.
- Glöm inte att alla utskrifter skall gå via `TextUI`.
- Se flödesdiagrammet för att få en överblick för vilka actions som är tillåtna vid en given tidpunkt.

### Fundera på

- Varför tar konstruktorn i `GameBoard` emot en `List<Player>` istället för en `ArrayList<Player>`?

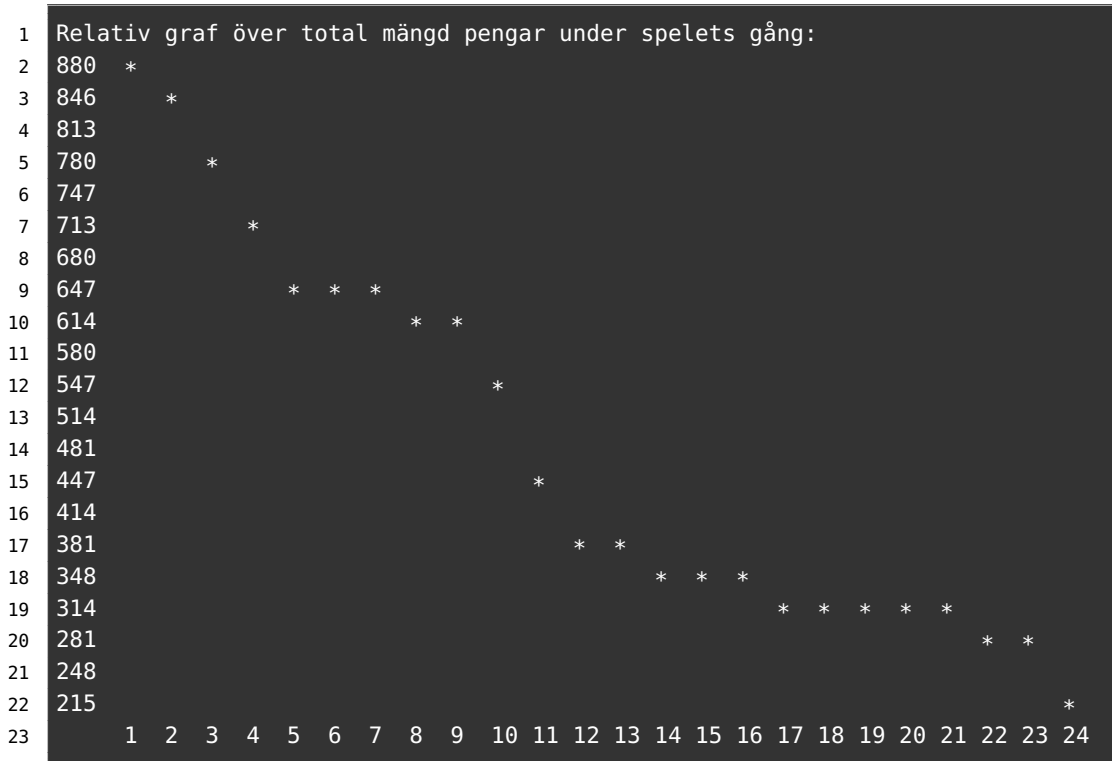
**Uppgift 5.** Med spelplanen implementerad behövs en main-metod för att kunna starta spelet. I main-metoden skapas `GameBoard` samt alla `Spelare`. Spelet körs sedan som en loop där `GameBoard` tillfrågas vilka spelarhandlingar som är tillåtna för den nuvarande spelaren, erbjuder spelaren möjligheten att välja något av dessa alternativ, och matar sedan in spelarens val tillbaka till `GameBoard` som hanterar valet. `GameBoard` ska alltså hantera all spellogik internt. Spel-loopen skall köras tills dess att spelet är över enligt `GameBoard.isGameOver`.

- Implementera `getAction` i `Scala`. Metoden ska anropa `TextUI.promptForInput` med en lämplig lista av tupler för att begära input från användarna. Metoden skall nyttja de statistiska variablerna från `GameBoard` för att ge en lämplig utskrift.
- Implementera main-metoden i `Scala`.
- Efter att spelet har avslutats skall den totala mängden pengar i spelet plottas som en funktion av `rundindexet`.

**Uppgift 6.** Vi skall nu lägga till möjligheten att se statistik över spelets monetära tillstånd. Metoden `getStatistics()` i `GameBoard` ska returnera en lista innehållande den totala summan av pengar i spelet i slutet av varje runda. Denna lista kan skickas vidare till metoden `TextUI.printStatistics` där den sedan skrivs ut i en vacker plot (se utskrift nedan).

- Implementera metoden `getStatistics()` i `GameBoard`.
- Utöka mainmetoden så att grafen skrivs ut efter spelets slut. Själva uppritningen sker med hjälp av den färdigskrivna metoden `plotStatistics` i `TextUI`

som kräver en `Buffer[Int]` innehållande varje rundas totalsumma. Ett tips är att nyttja `scala.collection.JavaConverters` för att konvertera Javas datatyper till Scala.



Figur 11.4: Graf över spelets total mängd pengar som funktion av rundornas index

## 11.2.4 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 7.** Utöka spelet med ny spelmekanik.

- Implementera funktionalitet för att varje spelare ska få extra pengar då den passerar första spelrutan.
- Implementera funktionalitet för att varje spelare som hamnar på en ruta de äger sedan tidigare har möjlighet att öka hyran för rutan ifall någon annan spelare skulle hamna på den.
- Implementera funktionalitet så att ägaren av ett hus måste betala en andel av dess värde varje gång de passerat första spelrutan..

# Kapitel 12

## Trådar

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ tråd
- ☐ jämlöpande exekvering
- ☐ icke-blockerande anrop
- ☐ callback
- ☐ `java.lang.Thread`
- ☐ `java.util.concurrent.atomic.AtomicInteger`
- ☐ `scala.concurrent.Future`

## 12.1 Övning: threads

### Mål

- ☐ Känna till vad en tråd är och kunna förklara begreppet jämlöpande exekvering.
- ☐ Känna till vad metoderna `run` och `start` gör i klassen `Thread`.
- ☐ Kunna skapa och starta en tråd med överskuggad `run`-metod.
- ☐ Kunna skapa ett enkelt program som från två trådar tävlar om att uppdatera en variabel och förklara varför beteendet kan bli oförutsägbart.
- ☐ Kunna använda en `Future` för att köra igång flera parallella beräkningar.
- ☐ Kunna registrera en callback på en `Future` med metoden `onComplete`.

### Förberedelser

- ☐ Studera begreppen i kapitel 12.

### 12.1.1 Grunduppgifter

**Uppgift 1.** *Trådar.* Klassen `java.lang.Thread` används för att skapa **trådar** med jämlöpande exekvering (eng. *concurrent execution*). På så sätt kan man få olika koddelar att köra samtidigt.

Klassen `Thread` definierar en tom `run`-metod. Vill man att tråden ska göra något vettigt får man överskugga `run` med det man vill ska göras.

En tråd körs igång med metoden `start` och då anropas automatiskt `run`-metoden och tråden exekverar koden i `run` jämlöpande med övriga trådar. Om man anropar `run` direkt blir det *inte* jämlöpande exekvering.

a) Skapa en tråd som gör något som tar lite tid och kör med `run` resp. `start`.

```
1 def zzz = { print("zzzzzz"); Thread.sleep(5000); println(" VAKEN!") }
2 zzz
3 val t2 = new Thread{ override def run = zzz }
4 t2.run
5 t2.run; println("Gomorrn!")
6 t2.start; println("Gomorrn!")
7 t2.start
```

b) Vad händer om man anropar `start` mer än en gång på samma tråd?

c) Skapa två trådar med överskuggade `run`-metoder och kör igång dem samtidigt enligt nedan. Vilken ordning skrivs hälsningarna ut efter rad 3 resp. rad 4 nedan? Förklara vad som händer.

```
1 val g = new Thread{ override def run = for (i <- 1 to 100) print("Gurka ") }
2 val t = new Thread{ override def run = for (i <- 1 to 100) print("Tomat ") }
3 g.run; t.run
4 g.start; t.start
```



d) Använd `Thread.sleep` enligt nedan. Är beteendet helt förutsägbart (deterministiskt)? Förklara vad som händer. Du kan (om du kör Linux) avbryta REPL med `Ctrl+C`<sup>1</sup>.

```
1 def ibland(block: => Unit) = new Thread {
2   override def run = while(true) { block; Thread.sleep(600) }
3 }.start
4 ibland(print("zzz ")); ibland(print("snark ")); ibland(println("hej!"))
```

**Uppgift 2.** *Jämlöpande variabeluppdatering.* Skriv klasserna `Bank` och `Kund` i en editor och klistra sedan in koden i REPL.

```
class Bank {
  private var saldo = 0;
  def visaSaldo: Unit = println(s"saldo: $saldo")
  def sättIn: Unit = { saldo += 1 }
  def taUt: Unit = { saldo -= 1 }
}

class Kund(bank: Bank) {
  def slösaSpara = {bank.taUt; Thread.sleep(1); bank.sättIn}
}
```

a) Använd funktionen `ibland` från föregående uppgift och kör nedan rader i REPL. Resultatet av jämlöpande variabeluppdatering blir här heltokigt och leder till mycket upprörda bankkunder och -ägare. Förklara vad som händer.

```
1 val bank = new Bank
2 bank.visaSaldo
3 bank.sättIn
4 bank.visaSaldo
5 bank.taUt
6 bank.visaSaldo
7
8 val bamse = new Kund(bank)
9 val skutt = new Kund(bank)
10
11 bamse.slösaSpara
12 skutt.slösaSpara
13 bank.visaSaldo
14
15 def ofta(block: => Unit) = new Thread {
16   override def run = while(true) { block; Thread.sleep(1) }
17 }.start
18
19 ofta(bamse.slösaSpara); ofta(skutt.slösaSpara)
20
21 ibland(bank.visaSaldo)
```

<sup>1</sup>[stackoverflow.com/questions/6248884/can-i-stop-the-execution-of-an-infinite-loop-in-scala-repl](https://stackoverflow.com/questions/6248884/can-i-stop-the-execution-of-an-infinite-loop-in-scala-repl)

**Uppgift 3.** *Trådsäkra AtomicInteger.* Det finns stöd i JVM för att åstadkomma uppdateringar som inte kan avbrytas av andra trådar under pågående minnesskrivning. En operation som inte kan avbrytas kallas **atomär** (eng. *atomic*). Studera dokumentationen för `AtomicInteger`<sup>2</sup> och prova nedan kod. Förklara vad som händer.

Använd funktionerna ofta och ibland från tidigare uppgifter.

```
class SäkerBank {
  import java.util.concurrent.atomic.AtomicInteger
  private var saldo = new AtomicInteger
  def visaSaldo: Unit = println(s"saldo: ${saldo.get}")
  def sättIn: Unit = { saldo.incrementAndGet }
  def taUt: Unit   = { saldo.decrementAndGet }
}

class SäkerKund(bank: SäkerBank) {
  def slösaSpara = {bank.taUt; Thread.sleep(1); bank.sättIn}
}
```

```
1 val säkerBank = new SäkerBank
2 val farmor = new SäkerKund(säkerBank)
3 val vargen = new SäkerKund(säkerBank)
4
5 ofta(farmor.slösaSpara); ofta(vargen.slösaSpara)
6
7 ibland(säkerBank.visaSaldo)
```

**Uppgift 4.** *Jämlöpande exekvering med scala.concurrent.Future.* Att skapa och hålla reda på trådar kan bli ganska omständligt och knepigt att få rätt på. Med hjälp av `scala.concurrent.Future` kan man på ett enklare sätt skapa jämlöpande exekvering.

*Bakgrund för kännedom:* Med en `Future` skapas jämlöpande exekvering som ”under huven” använder ett ramverk som heter Akka<sup>3</sup>, skrivet i Scala och Java. Akka erbjuder automatisk multitrådning med s.k. trådpooler och möjliggör avancerad parallellprogrammering på en hög abstraktionsnivå, där man själv slipper skapa instanser av klassen `Thread`. I stället kan man helt enkelt placera sin kod inramat med `Future{ "körs parallellt" }` efter att man importerat det som behövs.

a) För att skapa jämlöpande exekvering med `Future` behöver man först göra import enligt nedan; då skapas ett exekveringssammanhang med trådpooler redo för användning. Starta om REPL och studera felmeddelandet efter rad 1 nedan. Importera därefter enligt nedan. Vad har `f` för typ?

```
1 scala> concurrent.Future { Thread.sleep(1000); println("En sekund senare!") }
2 scala> import scala.concurrent._
3 scala> import ExecutionContext.Implicits.global
4 scala> val f = Future { Thread.sleep(1000); println("En sekund senare!") }
```

<sup>2</sup>[docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/concurrent/atomic/AtomicInteger.html](https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/concurrent/atomic/AtomicInteger.html)

<sup>3</sup><http://akka.io/>

b) Skapa en procedur `printLater` enligt nedan som skriver ut argumentet efter slumpmässigt tid. Förklara vad som händer nedan.

```
1 scala> def printLater(a: Any): Unit =  
2     Future { Thread.sleep((math.random * 10000).toInt); print(a + " ") }  
3 scala> (1 to 42).foreach(i => printLater(i)); println("alla är igång!")
```

c) Skapa enligt nedan en `Future` som räknar ut hur många siffror det är i ett väldigt stort tal. Med `onComplete` kan man ange vad som ska göras när den tunga beräkningen är färdig; detta kallas att "registrera en callback". Vilken returtyp har `big`? Hur många siffror har det stora talet? Vad har `r` för typ? Justera argumentet till `big` om du inte orkar vänta på resultatet...

```
1 scala> BigInt(10).pow(100)  
2 scala> BigInt(10).pow(100).toString.size  
3 scala> def big(n: Int) = Future { BigInt(n).pow(n).toString.size }  
4 scala> big(1234567).onComplete{r => println(r + " siffror") }
```

d) Den stora vinsten med `Future` är att man kan köra vidare under tiden, varför anropet av `Future` kallas **icke-blockerande** (eng. *non-blocking*). Det händer ibland att man ändå vill blockera exekveringen i väntan på ett resultat. Man kan då använda objektet `scala.concurrent.Await` och dess metod `result` enligt nedan. Använd `big` från föregående uppgift och gör en blockerande väntan på resultatet enligt nedan. Vad händer? Vad händer om du väntar för kort tid?

```
1 scala> import scala.concurrent.duration._  
2 scala> Await.result(big(1234567), 20.seconds)
```

**Uppgift 5.** Använda `Future` för att göra flera saker samtidigt. I denna uppgift ska du ladda ner webbsidor parallellt med hjälp av `Future`, så att en nedladdning kan avslutas under tiden en annan dröjer.

a) Koden för en minimal webbsida ser ut som nedan. Du kan beskåda sidan här: <http://fileadmin.cs.lth.se/pgk/mini.html> eller skriva in nedan kod i en fil som heter något som slutar på `.html` och öppna filen i din webbläsare.

```
<!DOCTYPE html>  
<html>  
<body>  
HELLO WORLD!  
</body>  
</html>
```

b) För att simulera slöa webbservrar kan man ladda ner en sida via sajten <http://delay.me/>. Ladda ner ovan sida med 2 sekunders fördröjning: <http://delay.me/2000/http://fileadmin.cs.lth.se/pgk/mini.html>

c) Man kan ladda ner webbsidor med `scala.io.Source`. Vad händer nedan? Försök, med ledning av hur `delay` beräknas, uppskatta hur lång tid du måste

vänta i medeltal, i bästa fall, respektive värsta fall, innan du kan se första webbsidan i vektorn laddningar nedan?

```

1 scala> def ladda(url: String) = scala.io.Source.fromURL(url).getLines.toVector
2 scala> def slöladda(url: String) = {
3     val delay = (math.random * 1000 + 2000).toInt
4     val delaySite = s"http://deelay.me/$delay/"
5     ladda(delaySite+url)
6 }
7 scala> ladda("http://fileadmin.cs.lth.se/pgk/mini.html")
8 scala> def seg = slöladda("http://fileadmin.cs.lth.se/pgk/mini.html")
9 scala> val laddningar = Vector.fill(10)(seg)
10 scala> laddningar(0)

```

d) Innan vi kan köra igång en Future så måste vi, som visats i uppgift 4 importera den underliggande exekveringsmiljön som är redo att parallelisera ditt program i trådar utan att du själv måste skapa dem. Vad händer nedan?

```

1 scala> import scala.concurrent._
2 scala> import ExecutionContext.Implicits.global
3 scala> val f = Future{ seg }
4 scala> f // kolla om den är klar annars prova igen senare
5 scala> f

```

e) Ladda indata utan att blockera (eng. *non-blocking input*). Förklara vad som händer nedan.

```

1 scala> val nonblock = Future{ Vector.fill(10)(seg) }
2 scala> nonblock // kolla igen senare om ej klar
3 scala> nonblock

```

f) Ladda indata separat i olika parallella trådar. Förklara vad som händer nedan. Kör uttrycket på rad 3 nedan upprepade gånger i snabb följd efter varandra med pil-upp+Enter i REPL.

```

1 scala> val para = Vector.fill(10)(Future{ seg })
2 scala> para
3 scala> para.map(_._isCompleted)
4 scala> para.map(_._isCompleted) // studera hur de blir färdiga en efter en
5 scala> para(0)

```

g) Registrera en callback med metoden onComplete. Förklara vad som händer nedan.

```

1 scala> val action = Vector.fill(10)(Future{ seg })
2 scala> action(0).onComplete(xs => println(s"ready:$xs"))
3 scala> // vänta tills laddning på plats 0 är klar

```

h) Registrera en callback för felhantering i händelse av undantag med metoden onFailure. Förklara vad som händer nedan.

```

1 scala> def lycka = { Thread.sleep(3000); println(":)") }
2 scala> def olycka = { Thread.sleep(3000); 42 / 0; lycka }
3 scala> Future{ lycka }.onFailure{ case e => println(s":( $e") }
4 scala> Future{ olycka }.onFailure{ case e => println(s":( $e") }

```

### 12.1.2 Extrauppgifter

**Uppgift 6.** Räkna ut stora primtal parallellt genom att använda nedan funktioner. Implementera `isPrime` enligt pseudokod från den engelska wikipediasidan om primtalstest<sup>4</sup> med den s.k. ”naiva algoritmen”. Räkna ut 10 st slumpvisa primtal med 16 siffror vardera.

```
def isPrime(n: BigInt): Boolean = ???

def nextPrime(start: BigInt): BigInt = {
  var i = start
  while (!isPrime(i)) { i += 1 }
  i
}

def randomBigInt(nDigits: Int): BigInt = {
  def rndChar = ('0' + (math.random * 10).toInt).toChar
  val str = Array.fill(nDigits)(rndChar).mkString
  BigInt(str)
}
```

```
// kod till facit

def isPrime(n: BigInt): Boolean = n match {
  case _ if n < 1 => false
  case _ if n < 3 => true
  case _ if n % 2 == 0 || n % 3 == 0 => false
  case _ =>
    var i = BigInt(5)
    while (i * i < n) {
      if (n % i == 0 || n % (i + 2) == 0) return false
      i += 6
    }
    true
}

import scala.concurrent._
import ExecutionContext.Implicits.global

val primes = Vector.fill(10)(Future{nextPrime(randomBigInt(16))})
primes.foreach(_.onSuccess{case i => println(i)})
```

 **Uppgift 7.** Svara på teorifrågor.

<sup>4</sup>[en.wikipedia.org/wiki/Primality\\_test](https://en.wikipedia.org/wiki/Primality_test)

- a) Vad är en tråd?
- b) Hur skapar man en tråd med klassen Thread?
- c) Hur startar man en tråd?
- d) Vilka problem kan man råka ut för om man uppdaterar samma resurs i flera olika trådar?
- e) Vad innebär det att kod är *trådsäker*?
- f) Nämn några fördelar med att använda Future jämfört med att använda trådar direkt.

**Uppgift 8.** Läs om och testa klasserna AtomicBoolean, AtomicDouble och AtomicReferens för atomär uppdatering i paketet `java.util.concurrent.atomic`. Använd några av dessa tillsammans med `scala.concurrent.Future`.

### 12.1.3 Fördjupningsuppgifter

**Uppgift 9.** *Skapa din egen multitrådade webserver.*

a) Skriv in<sup>5</sup> nedan kod i en editor och spara i en fil med namn `webserver.scala` och kompilera och kör med `scala webserver.start` och beskriv vad som händer när du med din webbläsare surfar till adressen:

<http://localhost:8089/abbasillen>

```
1 package webserver
2
3 import java.net.{ServerSocket, Socket}
4 import java.io.OutputStream
5 import java.util.Scanner
6 import scala.util.Try
7
8 object html {
9   def page(body: String): String = //minimal web page
10     s"""<!DOCTYPE html>
11       |<html>
12       |<head><meta charset="UTF-8"><title>Min Sörver</title></head>
13       |<body>
14       |$body
15       |</body>
16       |</html>
17       """.stripMargin
18
19   def header(length: Int): String = //standardized header of reply
20     s"HTTP/1.0 200 OK\nContent-length: $length\n" +
21       "Content-type: text/html\n\n"
22 }
23
24
25 object start {
26   def handleRequest(cmd: String, uri: String, socket: Socket): Unit = {
27     val os = socket.getOutputStream
28     val response = html.page("Baklänges: " + uri.reverse)
29     os.write(html.header(response.size).getBytes("UTF-8"))
30     os.write(response.getBytes("UTF-8"))
31     os.close
32     socket.close
33   }
34
35   def serverLoop(server: ServerSocket): Unit = {
36     println(s"http://localhost:${server.getLocalPort}/hej")
37     while (true) {
38       Try {
39         var socket = server.accept // blocks thread until connect
40         val scan = new Scanner(socket.getInputStream, "UTF-8")
41         val (cmd, uri) = (scan.next, scan.next)
42         println(s"Request: $cmd $uri")
43         handleRequest(cmd, uri, socket)
```

<sup>5</sup>Eller ladda ner här: [github.com/lunduniversity/introprog/blob/master/compendium/examples/simple-web-server/webserver.scala](https://github.com/lunduniversity/introprog/blob/master/compendium/examples/simple-web-server/webserver.scala)

```

44     }.recover{ case e: Throwable => s"Connection failed: $e" }
45   }
46 }
47
48 def main(args: Array[String]) {
49   val port = Try{ args(0).toInt }.getOrElse(8089)
50   serverLoop(new ServerSocket(port))
51 }
52 }

```

b) Du ska nu skapa en webbserver som gör något lite mer intressant. Den ska svara om du surfar till <http://localhost:8089/fib/13> med det 13:e Fibonnaci-talet<sup>6</sup>. Spara din webserver från föregående deluppgift under det nya namnet `fibserver.scala` och använd koden nedan och lägg till och ändra så att din server kan svara med `Fibonaccital`. Vi börjar med att räkna ut `Fibonaccital` i funktionen `compute.fib` nedan på ett onödigt processorkrävande sätt med exponentiell tidskomplexitet så att webbservern verkligen får jobba, för att i senare deluppgifter implementera `compute.fib` med linjär tidskomplexitet och därmed undvika onödig planetuppvärmning.

```

object compute {
  def fib(n: BigInt): BigInt = {
    if (n < 0) 0 else
    if (n == 1 || n == 2) 1
    else fib(n - 1) + fib(n - 2)
  }
}

def fibResponse(num: String) = Try { num.toInt } match {
  case Success(n) => html.page(s"fib($n) == " + compute.fib(n))
  case Failure(e) => html.page(s"FEL $e: skriv heltal, inte $num")
}

def errorResponse(uri:String) = html.page("FATTAR NOLL: " + uri)

def handleRequest(cmd: String, uri: String, socket: Socket): Unit = {
  val os = socket.getOutputStream
  val parts = uri.split('/').drop(1) // skip initial slash
  val response: String = (parts.head, parts.tail) match {
    case (head, Array(num)) => fibResponse(num)
    case _                  => errorResponse(uri)
  }
  os.write(html.header(response.size).getBytes("UTF-8"))
  os.write(response.getBytes("UTF-8"))
  os.close
  socket.close
}

```

Kör i terminalen med `scala fibserver.start` och beskriv vad som händer i din webbläsare när du surfar till servern.

<sup>6</sup><https://sv.wikipedia.org/wiki/Fibonaccital>



- c) Surfa efter flera stora Fibonacci-tal samtidigt i olika flikar i din browser. Hur märks det att servern bara kör i en enda tråd?
- d) Gör din server multitrådad med hjälp av den nya server-loopen nedan.

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

def serverLoop(server: ServerSocket): Unit = {
  println(s"http://localhost:${server.getLocalPort}/hej")
  while (true) {
    Try {
      var socket = server.accept // blocks thread until connect
      val scan = new Scanner(socket.getInputStream, "UTF-8")
      val (cmd, uri) = (scan.next, scan.next)
      println(s"Request: $cmd $uri")
      Future { handleRequest(cmd, uri, socket) }.onFailure {
        case e => println(s"Request failed: $e")
      }
    }.recover { case e: Throwable => s"Connection failed: $e" }
  }
}
```

- e) Surfa efter flera stora Fibonacci-tal samtidigt i olika flikar i din browser. Hur märks det att servern är multitrådad?
- f) Det är onödigt att räkna ut samma Fibonacci-tal flera gånger. Med hjälp av en cache i form av en föränderlig Map kan du spara undan redan uträknade värden. Det funkar dock inte med en vanlig `scala.collection.mutable.Map` i vår multitrådade webbserver, eftersom den inte är **trådsäker** (eng. *thread-safe*). Med trådosäkra föränderliga datastrukturer blir det samma besvärliga beteende som i uppgift 2.

Du ska i stället använda `java.util.concurrent.ConcurrentHashMap`. Sök upp dokumentationen för `ConcurrentHashMap` och försök förstå koden nedan. Hur fungerar metoderna `containsKey`, `put` och `get`?

```
object compute {
  import java.util.concurrent.ConcurrentHashMap
  val memcache = new ConcurrentHashMap[BigInt, BigInt]

  def fib(n: BigInt): BigInt =
    if (memcache.containsKey(n)) {
      println("CACHE HIT!!! no need to compute: " + n)
      memcache.get(n)
    } else {
      println("cache miss :( must compute fib: " + n)
      val f = fastFib(n)
      memcache.put(n, f)
      f
    }

  private def fastFib(n: BigInt): BigInt = {
```

```

    if (n < 0) 0 else
    if (n == 1 || n == 2) 1
    else fib(n - 1) + fib(n - 2)
  }
}

```

g) Använd ovan fib-objekt i en ny version av din webserver. Spara den i en ny kodfil med namnet `fibserver-memcached.scala`. Undersök hur snabbt det går med stora Fibonacci-tal med den nya varianten. Hur stora tal kan du räkna ut? Kan servern fortsätta efter överflödad stack? Förklara varför.

h) Nu när vi kan få väldigt stora Fibonacci-tal kan det vara användbart att stoppa in radbrytningar på webbsidan. Html-taggen `<br>` ger en radbrytning.

```

def insertBreak(s: String, n: Int = 80): String = {
  if (s.size < n) s
  else s.take(n) + "<br>" + insertBreak(s.drop(n), n)
}

```

Använd den rekursiva funktionen ovan för att pilla in radbrytningstaggar på var  $n$ :te position i långa strängar. Testa hur det ser ut på webbsidan med ovan funktion när din server svarar med väldigt stora tal.

i) Vi ska nu använda det större heap-minnet i stället för stack-minnet och därmed inte begränsas av stackens max-storlek. Skriv om `fastFib` så att den använder en `while`-sats i stället för ett rekursivt anrop. Denna uppgift är ganska klurig, men om du kör `fast` kan du snegla i lösningarna i Appendix för inspiration.

Hur stora tal klarar din server nu? Vad händer med servern när minnet tar slut? Hur kan du skydda servern så att den inte kan hänga sig?

#### KOD TILL FACIT:

```

1 package fibserver
2
3 import java.net.{ServerSocket, Socket}
4 import java.io.OutputStream
5 import java.util.Scanner
6 import scala.util.{Try, Success, Failure}
7 import scala.concurrent._
8 import ExecutionContext.Implicits.global
9
10 object html {
11   def page(body: String): String = //minimal web page
12     s"""<!DOCTYPE html>
13       |<html><head><meta charset="UTF-8"><title>Min Sörver</title></head>
14       |<body>
15       |$body
16       |</body>
17       |</html>
18       """.stripMargin
19
20   def header(length: Int): String = //standardized header of reply to client
21     s"HTTP/1.0 200 OK\nContent-length: $length\nContent-type: text/html\n\n"

```

```

22
23   def insertBreak(s: String, n: Int = 80): String =
24     if (s.size < n) s else s.take(n) + "</br>" + insertBreak(s.drop(n),n)
25   }
26
27   object compute {
28     import java.util.concurrent.ConcurrentHashMap
29     val memcache = new ConcurrentHashMap[BigInt, BigInt]
30
31     def fib(n: BigInt): BigInt =
32       if (memcache.containsKey(n)) {
33         println("CACHE HIT!!! no need to compute: " + n)
34         memcache.get(n)
35       } else {
36         println("cache miss :( must compute fib: " + n)
37         val f = superFib(n)
38         memcache.put(n, f)
39         f
40       }
41
42     private def superFib(n: BigInt): BigInt = {
43       if (n <= 0) 0
44       else if (n == 1 || n == 2) 1
45       else {
46         var secondLast: BigInt = 1
47         var last: BigInt = 1
48         var sum: BigInt = secondLast + last
49         var i = 3
50         while (i < n) {
51           if (memcache.containsKey(i)) {
52             sum = memcache.get(i)
53           } else {
54             secondLast = last
55             last = sum
56             sum = secondLast + last
57             memcache.put(i, sum)
58           }
59           i += 1
60         }
61         sum
62       }
63     }
64   }
65
66
67   object start {
68
69     def fibResponse(num: String) = Try { num.toInt } match {
70       case Success(n) =>
71         val result = html.insertBreak(compute.fib(n).toString)
72         html.page(s"<p>fib($n) == " + result + "</p>")
73       case Failure(e) => html.page(s"FEL $e: skriv heltal, inte $num")
74     }
75
76     def errorResponse(uri:String) = html.page("FATTAR NOLL: " + uri)
77

```

```

78  def handleRequest(cmd: String, uri: String, socket: Socket): Unit = {
79      val os = socket.getOutputStream
80      val parts = uri.split('/').drop(1) // skip initial slash
81      val response: String = (parts.head, parts.tail) match {
82          case (head, Array(num)) => fibResponse(num)
83          case _                  => errorResponse(uri)
84      }
85      os.write(html.header(response.size).getBytes("UTF-8"))
86      os.write(response.getBytes("UTF-8"))
87      os.close
88      socket.close
89  }
90
91  def serverLoop(server: ServerSocket): Unit = {
92      println(s"http://localhost:${server.getLocalPort}/hej")
93      while (true) {
94          Try {
95              var socket = server.accept // blocks thread until connect
96              val scan = new Scanner(socket.getInputStream, "UTF-8")
97              val (cmd, uri) = (scan.next, scan.next)
98              println(s"Request: $cmd $uri")
99              Future { handleRequest(cmd, uri, socket) }.onFailure {
100                  case e => println(s"Request failed: $e")
101              }
102              }.recover{ case e: Throwable => s"Connection failed: $e" }
103          }
104      }
105
106  def main(args: Array[String]) {
107      val port = Try{ args(0).toInt }.getOrElse(8089)
108      serverLoop(new ServerSocket(port))
109  }
110 }

```

**Uppgift 10.** Utöka din server med fler beräkningsintensiva funktioner. Exempelvis primtalsberäkningar eller beräkningar av valfritt antal decimaler av  $\pi$  eller  $e$ . Utnyttja gärna det du lärt dig i matematiken om summor och serieutvecklingar.

**Uppgift 11.** Läs mer om Future och jämlöpande exekvering i Scala här: [alvinalexander.com/scala/future-example-scala-cookbook-oncomplete-callback](http://alvinalexander.com/scala/future-example-scala-cookbook-oncomplete-callback)

**Uppgift 12.** Läs mer om jämlöpande exekvering och multitrådade program i Java här: [www.tutorialspoint.com/java/java\\_multithreading.htm](http://www.tutorialspoint.com/java/java_multithreading.htm)

När man skriver program med jämlöpande exekvering finns det många fallgror; det kan bli kapplöpning (eng. *race conditions*) om gemensamma resurser och dödläge (eng. *deadlock*) där inget händer för att trådar väntar på varandra. Mer om detta i senare kurser.

**Uppgift 13.** Studera dokumentationen i `scala.concurrent`.



- a) Studera dokumentationen för `scala.concurrent.Future`<sup>7</sup>. Hur samverkar Future med Try och Option? Vilka vanliga samlingsmetoder känner du igen?
- b) Studera dokumentationen för `scala.concurrent.duration.Duration`<sup>8</sup>. Vilka tidsenheter kan användas?
- c) Vid import av `scala.concurrent.duration._` dekoreras de numeriska klasserna med metoder för att skapa instanser av klassen `Duration`. Detta möjliggörs med hjälp av klassen `scala.concurrent.duration.DurationConversions`. Studera dess dokumentation och testa att i REPL skapa några tidsperioder med metoderna på Int.

**Uppgift 14.** Fördjupa dig inom webbt teknologi.

- a) Lär dig om HTML här: <http://www.w3schools.com/html/>
- b) Lär dig om Javascript här: <http://www.w3schools.com/js/>
- c) Lär dig om CSS här: <http://www.w3schools.com/css/>
- d) Lär dig om Scala.JS här: <http://www.scala-js.org/>

---

<sup>7</sup><http://www.scala-lang.org/files/archive/api/current/#scala.concurrent.Future>

<sup>8</sup>[www.scala-lang.org/api/current/#scala.concurrent.duration.Duration](http://www.scala-lang.org/api/current/#scala.concurrent.duration.Duration)

## 12.2 Laboration: life

### Mål

- ☐ Kunna hur man kan använda matriser som en datastruktur.
- ☐ Kunna separera beteende från vy med hjälp av *Model-View* uppdelning.
- ☐ Känna till grundläggande cellulära automata.
- ☐ Känna till trådar, en grundläggande metod för att köra flera metoder *samtidigt*.

### Förberedelser

- ☐ Läs igenom laborationen.

### 12.2.1 Bakgrund

Spelet Life (även kallat *Conway's Game of Life* efter skaparen och matematikern John Horton Conway) simulerar en koloni av encelliga organismer som lever, förökar sig och dör på ett bräde. Varje enskild cells överlevnad bestäms av några enkla regler som beror på dess omgivning, detta är en s.k. *cellulär automata*<sup>9</sup>. Spelet går ut på att simulera flera generationer av en cellkoloni.

Spelet har inga medvetna spelare (ett så kallat 'zero-player game') och slutresultatet beror fullständigt på startkonfigurationen.

### 12.2.2 Reglerna

Reglerna i spelet är följande:

1. Spelbrädet består av en matris med  $n$  rader och  $m$  kolumner ( $n$  och  $m$  brukar ibland modelleras som  $\infty$ )
2. Varje cell i matrisen kan vid varje tidpunkt (varje generation) ha ett av två tillstånd: levande eller död
3. Varje cells tillstånd i nästa generation bestäms av följande regler:
  - (a) Om cellen är levande och har två eller tre grannar så lever den vidare, annars dör den.
  - (b) Om cellen är död och har exakt tre grannar så föds den och dess tillstånd ändras till levande, annars fortsätter den vara död.

För mer om Game of Life, se Wikipedia:

1. Engelska: [https://en.wikipedia.org/wiki/Conway's\\_Game\\_of\\_Life](https://en.wikipedia.org/wiki/Conway's_Game_of_Life)
2. Svenska: [https://sv.wikipedia.org/wiki/Game\\_of\\_Life](https://sv.wikipedia.org/wiki/Game_of_Life)

---

<sup>9</sup>Detta är ett exempel på s.k. 'emergence' and 'self-organization'

### 12.2.3 Obligatoriska uppgifter

**Uppgift 1.** Skapa en modell som kan visas i vyn.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

**Uppgift 2.** Implementera Life-regeln med hjälp av traitet Rule.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

### 12.2.4 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 3.** Implementera andra regler för cellulära automata.

Det finns massor med regler för cellulära automata med sina egna intressanta beteenden och tillstånd. Gör den eller de du tycker verkar mest intressant!

Fler regler kan finnas här: [https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Cellular\\_automaton\\_rules](https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Cellular_automaton_rules)

Nedan följer några roliga exempel som valts ut och anses lämpliga.

- a) Implementera cyklisk cellulär automata.

Denna typ av automata kallar cyklisk just för att det finns  $N$  möjliga tillstånd och när tillståndet  $N-1$  nås så är 'nästa' tillstånd 0. Detta beteendet kan beskrivas med modulo-operatoren:  $T_{nästa} = T_{nuvarande} + 1 \% N$

Regeln för att en cell byter tillstånd ges av att om en granne till den aktuella cellen har tillståndet exakt ett över cellens tillstånd så får cellen sin grannes tillstånd.

För att få intressant beteende brukar man initialisera hela brädet så att varje cell får ett slumpvalt tillstånd.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic\\_cellular\\_automaton](https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic_cellular_automaton)

- b) Implementera Wireworld

Wireworld är ett lite annorlunda då man i Wireworld designar 'kretsar' inte helt olika de som finns i moderna datorer.

I Wireworld kan man skapa komponenter som fungerar som dioder samt transistorer, och med dessa bygga logiska grindar.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Wireworld>

**Uppgift 4.** Implementera spara och ladda Svårighet: Medel

- a) Spara brädets tillstånd. Tillståndet ska sparas till ett format som både är lätt att spara/exportera och ladda/importera. Förslagsvis kan man använda formatet CSV (Comma Separated Values) eller helt enkelt bara skriva ut matrisen rad för rad där varje cell skrivs ut som en etta eller nolla.
- b) Ladda in det exporterade tillståndet. Implementera en metod för att läsa in det sparade tillståndet

**Uppgift 5.** Alternativ vy: Kör programmet i webbläsaren med Scala.js

**Uppgift 6.** Alternativ vy: Kör programmet på Android

**Uppgift 7.** Implementera brädet som en sparse-matris Svårighet: Medel

I den tidigare lösningen har vi allokerat en hel matris där bara en del av brädet vanligtvis är levande, en sådan matris kallas för en sparse matris (en matris där majoriteten av värdena är 0).

a) ???



# Kapitel 13

## Design

Begrepp du ska lära dig denna vecka:

- ☐ designexempel
- ☐ the expression problem
- ☐ utvecklingsprocessen
- ☐ krav-design-implementation-test
- ☐ översiktligt om trait som gränssnitt

## 13.1 Projektuppgift: bank

### 13.1.1 Fokus

- ☐ Kunna implementera ett helt program efter given specifikation
- ☐ Kunna sätta samman olika delar från olika moduler
- ☐ Förstå hur Java-klasser kan användas i Scala
- ☐ Förstå och bedöma när immutable/mutable såväl som var/val bör användas i större sammanhang
- ☐ Kunna använda sig av kompanjons-objekt
- ☐ Kunna läsa och skriva till fil
- ☐ Kunna söka i olika datastrukturer på olika sätt

### 13.1.2 Bakgrund

I detta projekt ska du skriva ett program som håller reda på bankkonton och kunder i en bank. Programmet ska även hålla reda på bankens nuvarande tillstånd, såväl som föregående. Tillstånden ska vid varje tillståndsförändring skrivas till fil så att utifall banken skulle krascha finns alla transaktioner som genomförts sparade, banken kan således återställas.

Programmet ska vara helt textbaserat, man ska alltså interagera med programmet via konsollen där en meny skrivs ut och input görs via tangentbordet.

Du ska skriva hela programmet själv, med andra ord ges ingen färdig kod. Programmet ska dock följa de specifikationer som ges i uppgiften, såväl som de objektorienterade principer du lärt dig i kursen.

### 13.1.3 Krav

Kraven för bankapplikationen återfinns här nedan. För att bli godkänd på denna uppgift måste samtliga krav uppfyllas:

- Programmet ska ha följande menyval:
  - 1. Hitta konton för en viss kontoinnehavare med angivet ID.
  - 2. Söka efter kontoinnehavare på (del av) namn.
  - 3. Sätta in pengar på ett konto.
  - 4. Ta ut pengar på ett konto.
  - 5. Överföra pengar mellan två olika konton.
  - 6. Skapa ett nytt konto.
  - 7. Ta bort ett befintligt konto.
  - 8. Skriv ut bankens alla konton, sorterade i bokstavsordning efter innehavare.
  - 9. Återställa banken till ett tidigare tillstånd för ett givet datum. För simplicitet får alla transaktioner genomförda efter det datum banken återställts till permanent kasseras.

- 10. Avsluta.
- Programmet ska skapa ett nytt tillstånd med tidsstämpel och spara gamla tillstånd varje gång då:
  - Pengar sätts in på ett konto
  - Pengar tas ut från ett konto.
  - Pengar överförs mellan två konton.
  - Ett konto skapas.
  - Ett konto tas bort.
- Då bankens tillstånd förändras ska detta skrivas till fil.
- Då banken startas upp ska transaktionshistoriken läsas in så att banken laddar senaste sparade tillståndet.
- Inga utskrifter eller inläsningar får göras i klasserna Customer, BankAccount, Bank, State eller Transaction. Allt som berör användargränssnittet ska ske i BankApplication. Det är tillåtet att använda valfritt antal hjälpmetoder och hjälpklasser i klassen BankApplication.
- Alla metoder och attribut ska ha lämpliga åtkomsträttigheter.
- Valet av val/var och immutable/mutable måste vara lämpliga.
- Din indata måste ge samma resultat som i exemplen (som kommer komma i framtiden) i bilagan.
- Rimlig felhantering ska finnas, det är alltså önskvärt att programmet inte kraschar då man matar in felaktig input, utan istället säger till användaren att input är ogiltig.
- Programdesignen ska följa de specifikationer som är angivna nedan.
- Det räcker med att banken ska kunna hantera heltal, men dessa ska ske med klassen BigInt.
- Kontonummer ska genereras i klassen BankAccount, dessa ska vara unika för varje konto. Vid en tillståndförändringar ska dessa återställas, detta betyder att om en återställning tar bort ett konto så ska detta kontonummer återigen bli tillgängligt.

#### 13.1.4 Design

Nedan följer specifikationerna för de olika klasserna bankapplikationen måste innehålla:

*Specification Customer*

```
/**
 * Describes a customer of a bank with provided name and id.
 */
class Customer(val name: String, val id: Int) = {
  override def toString(): String = ???
}
```

*Specification BankAccount*

```
/**
 * Creates a new bank account for the customer provided.
 * The account is given a unique account number and initially
 * got a balance of 0 kr.
 */
class BankAccount(val holder: Customer) = {

  /**
   * Deposits provided amount on this account.
   */
  def deposit(amount: Int): Unit = ???

  /**
   * Returns the balance of this account.
   */
  def getBalance: Int = ???

  /**
   * Withdraws provided amount from this account, if there
   * is enough money on the account. Returns true if the
   * transaction was successful, otherwise false.
   */
  def withdraw(amount: Int): Boolean = ???
}
```

*Specification BankEvent*

```
/**
 * Describes an event happening in the bank.
 */
abstract class BankEvent {
  /**
   * Output format for the transaction.
   */
  def write: String
}
```

*Specification Bank*

```
/**
 * Creates a new bank with no accounts and no state.
```

```
*/
class Bank() = {

  /**
   * Adds a new account in the bank.
   * The account number generates for the account is returned.
   */
  def addAccount(name: String, id: Int): Int = ???

  /**
   * Removes the bank account with provided account number,
   * returns true if successfull, otherwise false is returned.
   */
  def removeAccount(accountNbr: Int): Boolean = ???

  /**
   * Returns a list with every bank account in the bank.
   * The returned list is sorted in alphabetical order based
   * on customer name.
   */
  def getAllAccounts(): ArrayBuffer[BankAccount] = ???

  /**
   * Returns the account holding provided account number.
   * If no such account exists null is returned.
   */
  def findByNumber(accountNbr: Int): BankAccount = ???

  /**
   * Returns a list with every account belonging to the customer
   * with provided id.
   */
  def findAccountsForHolder(id: Int): ArrayBuffer[BankAccount] = ???

  /**
   * Returns a list with all customers which names matches
   * with provided name pattern.
   */
  def findByName(namePattern: String): ArrayBuffer[Customer] = ???

  /**
   * Executes a transaction in the bank.
   * Returns a string with information whether the
   * transaction was successful or failed.
   */
  def doEvent(transaction: Transaction): String = ???

  /**
   * Resets the bank to the state with time-stamp corresponding to the
   * provided date. If the date provided doesn't correspond exactly to
   * any time-stamp then the nearest time-stamp with a date previous
   * to the provided date is used instead.
   * Returns a string with information whether the transaction was
   * successful or failed.
   */
  def returnToState(returnDate: Date): String = ???
```

```
}

```

#### Specification State

```
/**
 * Describes a bankstate.
 * The queue log consists of a lists with all transactions
 * made paired together with all dates corresponding to
 * thoose transactions.
 */
class State(val log: Queue[(Transaction, Date)])
```

För att använda tidsstämplar ska klassen Date som finns bifogat i kursens workspace användas. Detta är en enkel wrapper av Java.time.

### 13.1.5 Tips

- För att representera tillstånden är det viktigt att alla händelser som förändrar tillståndet representeras av ett BankEvent.
- För att skriva till fil på ett enkelt sätt kan man t.ex. använda sig av klassen Files som finns tillgänglig i `java.nio.file`. För att undvika portabilitetsproblem kan man då använda sig av ett bestämt Charset, t.ex. UTF\_8, som finns tillgänglig i `java.nio.charset.StandardCharsets.UTF_8`.
- För att läsa ifrån en fil kan man t.ex. använda sig av klassen Source som finns tillgänglig i `scala.io.Source`.
- Var noggrann med att testerna klarar alla tänkbara fall, och tänk på att fler fall än dem som givits i exempel kan förekomma vid rättning.

### 13.1.6 Obligatoriska uppgifter

**Uppgift 1.** Implementera klassen Customer.

**Uppgift 2.** Implementera klassen BankAccount.

**Uppgift 3.** Implementera den BankEvent klass som skapar ett nytt konto.

**Uppgift 4.** Skapa en ny klass BankApplication.

a) Klassen BankApplication ska innehålla main-metoden. Det kan vara bra att innan man fortsätter se till att denna klass skriver ut menyn korrekt och kan ta input från tangentbordet som motsvarar de menyval som finns.

**Uppgift 5.** Implementera klassen Bank.

a) Implementera menyval 6 och 8. Testa noga.

- b) Implementera tillståndsfunktionaliteten. Varje nytt BankEvent ska ge upphov till ett nytt tillstånd och gamla tillstånd ska sparas som historik till det nya tillståndet.
- c) Implementera alla andra menyval, förutom menyval 9. Implementera även de klasser som förlänger BankEvent utefter att de behövs för nya menyval. Testa de nya menyvalen noga efterhand som du implementerar dem, i synnerhet så att tillståndsförändringarna fungerar korrekt. Gör de utökningar du anser behövs.

**Uppgift 6.** Implementera menyval 9. När man försöker återställa banken till ett datum ska den senaste BankEvent genomförd före detta datum hämtas, med andra ord ska alla BankEvent med tidsstämpel efter återställningsdatumet kasseras permanent. Testa noga. Det är viktigt att denna funktionalitet fungerar bra innan man går vidare.

**Uppgift 7.** Implementera säkerhetskopiering av tillstånden.

- a) Implementera utskriften till fil då ett nytt tillstånd skapas, utskriften ska ske omedelbart. Banken ska ej behöva avslutas för att utskriften ska hamna på fil, om så vore fallet kan information fortfarande gå förlorad om banken kraschar.

I repositoriet för denna projekt uppgift finns en sparfil bifogad, för bekvämlighet finns ett utdrag av denna fil infogad nedanför. Inläsning och utskrift ska ske med dess format:

```
2016 3 7 10 6 N 850127 Fredrik
2016 3 7 10 28 D 1000 16500
2016 3 9 10 52 W 1000 3900
2016 3 9 11 8 N 900318 Casper
2016 3 9 16 28 D 1001 6500
2016 4 1 10 11 W 1001 1900
2016 4 1 11 19 W 1001 2000
2016 4 2 16 33 N 651002 Björn
2016 4 2 16 46 D 1002 25000
2016 4 3 10 11 T 1002 1000 4000
```

Formen är alltså:

**År Månad Dag Timme Minut BankEventTag Parametrar**

De olika klasserna av BankEvent representeras med följande bokstav:

- D - Deposit
- W - Withdraw
- T - Transfer
- N - NewAccount

- E - DeletedAccount

b) Implementera inläsningen från fil då banken startas.

### 13.1.7 Frivilliga extrauppgifter

Gör först klart projektets obligatoriska delar. Därefter kan du, om du vill, utöka ditt program enligt följande.

**Uppgift 8.** Skriv en eller flera av klasserna Customer, BankAccount och State i Java istället och använd istället för din Scala versionen.

**Uppgift 9.** Implementera ett nytt menyalternativ som skriver ut all kontohistorik för en given person. I historiken ska typ av transaktion med tillhörande parametrar, dåvarande saldo vid transaktionen synas såväl som datumet för transaktionen synas.

### 13.1.8 Exempel på körning av programmet

Nedan visas möjliga exempel på körning av programmet. Data som matas in av användaren är markerad i fetstil. Ditt program måste inte se identiskt ut, men den övergripande strukturen såväl som resultat av körningen ska vara densamma. När exemplet börjar förutsätts det att banken inte har några konton.

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: **6**

Namn: **Adam Asson**

Id: **6707071234**

Nytt konto skapat med kontonummer: 1001

10:03:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton



6. Skapa nytt konto
7. Radera existerande konto
8. Skriv ut alla konton i banken
9. Återställ banken till ett tidigare datum
10. Avsluta

Val: 1

Id: **6707071234**

Adam Asson, id 6707071234

10:04:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: 6

Namn: **Berit Besson**

Id: **8505255678**

Nytt konto skapat med kontonummer: 1001

10:12:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: 8

Konto 1000 (Adam Asson, id 850127) 0 kr

Konto 1001 (Berit Besson, id 900318) 0 kr

10:13:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn

3. Sätt in pengar
4. Ta ut pengar
5. Överför pengar mellan konton
6. Skapa nytt konto
7. Radera existerande konto
8. Skriv ut alla konton i banken
9. Återställ banken till ett tidigare datum
10. Avsluta

Val: **2**

Namn: **adam**

Adam Asson, id 6707071234

10:15:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: **6**

Namn: **Berit Besson**

Id: **8505255678**

Nytt konto skapat med kontonummer: 1002

13:56:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: **2**

Namn: **erit**

Konto 1001 (Berit Besson, id 900318) 0 kr

Konto 1002 (Berit Besson, id 900318) 0 kr

14:01:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: **3**

Kontonummer: **1000**

Summa: **5000**

Transaktionen lyckades.

14:36:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: **5**

Kontonummer att överföra ifrån: **1000**

Kontonummer att överföra till: **1001**

Summa: **1000**

Transaktionen lyckades.

14:37:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: 8

Konto 1000 (Adam Asson, id 850127) 4000 kr

Konto 1001 (Berit Besson, id 900318) 1000 kr

Konto 1002 (Berit Besson, id 900318) 0 kr

14:52:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: 2

Ange konto att radera: : **1002**

Transaktionen lyckades.

14:01:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: 7

Namn: **erit**

Konto 1001 (Berit Besson, id 900318) 0 kr

14:01:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum

10. Avsluta

Val: **9**

Vilket datum vill du återställa banken till?

År: **2016**

Månad: **5**

Datum (dag): **14**

Timme: **10**

Minut: **5**

Banken återställd.

15:00:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: **8**

Konto 1000 (Adam Asson, id 850127) 0 kr

15:01:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar
  5. Överför pengar mellan konton
  6. Skapa nytt konto
  7. Radera existerande konto
  8. Skriv ut alla konton i banken
  9. Återställ banken till ett tidigare datum
  10. Avsluta

Val: **3**

Kontonummer: **1001**

Summa: **5000**

Transaktionen misslyckades. Inget sådant konto hittades.

15:06:0 CET 14 / 5 - 2016

- 
1. Hitta ett konto för en given kund
  2. Sök efter en kund utifrån (del av) angivet namn
  3. Sätt in pengar
  4. Ta ut pengar

5. Överför pengar mellan konton
6. Skapa nytt konto
7. Radera existerande konto
8. Skriv ut alla konton i banken
9. Återställ banken till ett tidigare datum
10. Avsluta

Val: **3**

Kontonummer: **1001**

Summa: **5000**

Transaktionen misslyckades. Otillräckligt saldo.

15:23:0 CET 14 / 5 - 2016

## 13.2 Projektuppgift: tictactoe

### Mål

- ☐ Implementera ett helt program efter specifikation.
- ☐ Få en inblick i hur rekursion kan användas, utöver svans-rekursion.
- ☐ Bli introducerad till spelteori och hur man kan uttrycka optimal strategi för spelet tictactoe.
- ☐ Träna på att använda abstrakta klasser.
- ☐ Kunna byta mellan representationer av en spelplan.

### 13.2.1 Bakgrund

I detta projektet ska du implementera din egen version av spelet tic-tac-toe (eller som vi på svenska kallar det, tre i rad)! Du kommer börja med att implementera en version där du kan spela mot en kursare och sen gå vidare till att implementera en datorspelare som lägger sin pjäs slumpmässigt och till slut en som inte kan förlora!

### 13.2.2 Regler

Om du känner dig säker på hur reglerna i tic-tac-toe funkar kan du skippa detta.

- Spelplanen består av ett rutnät av storlek 3x3.
- Det finns två spelare: x och o.
- Spelarna placerar ut en pjäs var i växlande ordning där x börjar.
- Spelet tar slut om en spelare har fått antingen en rad, diagonal eller kolumn ifylld av sin spelpjäs eller om spelplanen är fylld.

*Notera att pjäserna INTE får flyttas när de väl ligger på spelplanen.*

### 13.2.3 Teori

Representationen är vald till en endimensionell vektor av typen `Int` av storlek 9 där element  $[0, 2]$ <sup>1</sup> representerar den första raden  $[3, 5]$  andra och  $[6, 8]$  den tredje. Anledningen till detta är att vi vill ha en representation så att spelaren kan svara vilket drag den vill göra med ett heltal. Varje element i vektorn ska kunna representera en tom plats, en plats allokerad av x och en plats allokerad av o. Detta innebär att en vektor av typen `Boolean` inte räcker till. Istället väjs den (kanske lite minnesöverflödiga) typen `Int`. Vi har valt representationen där 0 representerar tom plats, 1 representerar x och -1 representerar o. Denna representation är dels smidig för vår framtida `OptimalP` och även för att avgöra

<sup>1</sup>Med beteckningen  $[x, y]$  menas alla heltal från x till y, dvs: x, x+1, x+2, ... , y-1, y.  $[0, 2] = 0, 1, 2$

om spelare x eller o har vunnit. Man kan exempelvis summera en rad och kolla om radens summa är 3, då har x vunnit eller -3, då har o vunnit.

### 13.2.4 Obligatoriska uppgifter

**Uppgift 1.** Implementera ett fungerande spel genom att utöka kodskeletten i klasserna Player, HumanPlayer och Game.

- Implementera metoden gameWon i klassen Player som testar huruvida spelaren who vunnit spelet.
- Implementera HumanPlayers toString-metod
- Implementera HumanPlayers move-metod.
- Implementera en version av Game. Börja med att alltid spela ett spel och alltid rita spelplanen. main, draw och play behöver implementeras. All funktionalitet i main behöver ännu inte finnas.<sup>2</sup>

**Uppgift 2.** RandomPlayer

- Skapa en ny utökning av Player (kopiera HumanPlayer, och byt namn till RandomPlayer) där move istället för att läsa från System.in väljer ett random giltigt drag.
- Ändra Game så att användaren tillåts stänga av ritfunktionen och i så fall tillåts välja antalet spel.
- Vad är sannolikheterna för att x vinner, o vinner och att det blir oavgjort om två RandP spelar mot varandra?

Hamnar man i närheten av dessa resultat tror vi på er RandP.

- $P(x \text{ vinner}) = 0.586$
- $P(o \text{ vinner}) = 0.288$
- $P(\text{lika}) = 0.126$

- Varför är det större sannolikhet för x att vinna än o?

**Uppgift 3.** OptimalPlayer

Betrakta den givna funktionen eval

```
/* returns 1 if there is a guaranteed strategy for who to win
 * returns 0 if there is a guaranteed strategy for who to draw
 * returns -1 if the opponent can force a win,
 * no matter what who does.
 * This is done by min,max-evaluation.
 * Find the move that gives the oppoent the worst possible
 * position and return -min, this is our max.
```

<sup>2</sup>Notera att man behöver invertera spelplanen om den ska skickas till spelare två (alternativt låta spelaren hålla reda på om den är x eller o). Förslagsvis löses detta med en extra metod invGame som skapar en ny array med omvända tecken till originalarrayen.



```

*/
def eval(game: Array[Int], depth: Int, who: Int): Int = {
  if(gameWon(game, -who)) return -1;
  if(depth == 9) return 0;
  var min = 1;
  for(i <- 0 until 9) {
    if(game(i) == 0) {
      game(i) = who;
      val score = eval(game, depth+1, -who);
      if(score < min){
        min = score;
      }
      game(i) = 0;
    }
  }
  -min;
}

```

eval avgör om du är i en vinnande, förlorande eller oavgjord situation, givet att båda spelare spelar optimalt. Det som nog är svårast att förstå är varför vi returnerar -min på slutet. min sparar det sämsta värdet som vår motståndare kan få givet våra möjliga drag. Vi observerar att vi är i precis omvänd situation jämfört med vår motståndare. Om vår motståndare definitivt vinner förlorar vi definitivt, om det blir oavgjort för vår motståndare blir det också oavgjort för oss, och om vår motståndare definitivt förlorar, då vinner vi. Vi representerade ju vinst med 1, oavgjort med 0 och förlust med -1. Det är alltså härifrån minustecknet kommer ifrån. Vill man läsa mer om detta kan man kolla in wikipedias artikel <sup>3</sup> om minmax-evaluering. Vi tar helt enkelt det draget som är sämst för vår motståndare.

- Implementera move-metoden till OptimalPlayer genom att kalla på eval.
- Låt två OptimalPlayer spela mot varandra. Det skall alltid bli oavgjort.
- Testa att spela mot din OptimalPlayer med en HumanPlayer. Kan du spela lika? Kan du vinna?
- Vad händer om du sätter en RandomPlayer mot OptimalPlayer? Blir det någonsin oavgjort, hur ofta? Blir det någon skillnad man byter vem som får spela först?

#### Uppgift 4. Utöka säkerheten och isoleringen av ditt program

I nuläget finns det förmodligen ett problem med din nuvarande implementation, och det är att du skickar iväg en mutable datastruktur till en Player som utifrån den mutable datan skall göra ett drag. Tänk om en elak programmerare bestämmer sig för att ändra på spelplanen i sin egna players move-metod. Då skulle man i princip kunna fuskas. För att lösa detta kan man från Game istället för att ge ifrån sig den egna representationen av spelplanen göra en

<sup>3</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/Minimax>

kopia och ge kopian till Playern.

### 13.2.5 Frivilliga extrauppgifter

#### Uppgift 5. Hashning.

Om du låter en `OptimalPlayer` spela mot en `RandomPlayer` 1000 gånger lär det ta ganska lång tid. Det behöver det inte göra. När `OptimalPlayer` bestämmer vilket drag den skall göra första gången går den ju igenom alla andra möjliga drag man kan komma till. Det visar sig att det inte finns så många unika spelbräden. Färre än  $3^9 < 20000$ .

Skapar vi istället ett uppslagsverk (`HashMap`) som innehåller ett värde för varje spelbräde kommer vi kunna spela mycket snabbare när väl `HashMap`en är genererad. Skillnaden i snabbhet för vårt program blir alltså att vi behöver göra ett uppslag i en tabell, jämfört med ungefär  $9! > 300000$  funktionsanrop för ett drag på ett tomt spelbräde.

Det räcker med att modifiera evalueringsmetoden något för att bygga hash-mapen. Sedan anropa denna med ett tomt bräde och så har vi vår `HashMap` och vår optimala spelare är nu supersnabb!

Man får dock vara lite klurig, en `Array[Int]` går inte att använda som nyckel i en `HashMap`, då den inte har en implementerad `hashCode`-metod. Enklarest är att göra om vår array till en sträng, genom att lägga värdena i arrayen efter varandra i strängen. Vi kan göra en privat metod `hash(Array[Int]):String` som konkatenerar värdena i arrayen. `hash([0,0,0,1,1,0,-1,-1,0])` skall alltså returnera "000110-1-10".

- Skapa en ny subclass `HashOptimalPlayer`.
- Skapa och implementera en privat metod `hash(Array[Int]):String`
- Implementera en konstruktor som skapar och genererar en `HashMap`.

Här kan du använda koden som används i evalfunktionen, men med två små modifikationer:

- Vid start: Om det redan finns ett key-value-par i `HashMap`en: returnera värdet från `HashMap`en.
- Vid slut: Innan du returnerar måste ett key-value-par läggas in i `HashMap`en som vi genererar.

d) Låt `move`-metoden göra en `Hashlookup` med hjälp av `hash`-metoden och din `HashMap`.

e) Testa att låta en `HashOptimalPlayer` spela mot en `RandomPlayer`. Du märker nog att skapandet av en `HashOptimalPlayer` kommer ta lite tid, typ en halv sekund. Sedan skall det dock gå jättesnabbt när spelarna spelar. 100000 spel skall gå utan problem på någon sekund, vilket borde gå på tiotals minuter för den gamla `OptimalPlayer`.

## 13.3 Projektuppgift: imageprocessing

### 13.3.1 Bakgrund

En digital bild består av ett rutnät (en matris) av pixlar. Varje pixel har en färg, och om man har många pixlar flyter de samman för ögat så att de tillsammans skapar en bild.

Det finns olika system för hur man färgsätter de olika pixlarna. T.ex. så används CMYK-systemet (cyan, magenta, gul, svart) vid blandning av färg som ska tryckas på papper eller annat material. På en dator däremot används vanligtvis RGB-systemet. RGB-systemet har tre grundfärger: röd, grön och blå. Mättnaden av varje grundfärg anges av ett heltal som vi i fortsättningen förutsätter ligger i intervallet  $[0, 255]$ . 0 anger ”ingen färg” och 255 anger ”maximal färg”. Man kan därmed representera  $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$  olika färgnyanser. Man kan också representera gråskalor; det gör man med färger som har samma värde på alla tre grundfärgerna: (0, 0, 0) är helt svart, (255, 255, 255) är helt vitt.

### 13.3.2 Uppgiften

Du ska skriva ett program där du implementerar olika filter som ska manipulera en given bild på ett flertal olika sätt. Filterklasserna ska ärva från en abstrakt ImageFilter-klass som är skriven i Java.

Följande beskriver ImageFilter-klassen.

```
abstract class ImageFilter

/**
 * Skapar ett filterobjekt med ett givet namn.
 */
protected ImageFilter(String name);

/**
 * Tar reda på filtrets namn.
 */
public String getName();

/**
 * Filtrerar bilden i matrisen inPixels och returnerar
 * resultatet i en ny matris. Utnyttjar eventuellt
 * värdet av paramValue
 */
public abstract Color[][] apply(Color[][] inPixels,
                                double paramValue);

/**
 * Berättar huruvida ett filter behöver ett parmetervärde eller inte
 * @return true ifall parmetervärde behövs, annars false
 */
public abstract boolean needsParameter();

/**
```

```

* Beräknar intensiteten hos alla pixlarna i pixels,
* returnerar resultatet i en ny matris.
*/
protected short[][] computeIntensity(Color[][] pixels):

/**
 * Faltar punkten p[i][j] med faltningskärnan kernel.
 *
 * @param p      matris med talvärden
 * @param i      radindex får den aktuella punkten
 * @param j      kolonnindex får den aktuella punkten
 * @param kernel faltningskärnan, en 3x3-matris
 * @param weight summan av elementen i kernel
 * @return      resultatet av faltningen
 */
protected short convolve(short[][] p, int i, int j,
                          short[][] kernel, int weight);

```

Utöver filterklasserna ska du även implementera `FilterChooser` som hanterar val av filter och `FilterList` som kan applicera ett variabelt antal filter på en och samma bild. Du får tillgång till en `Image`-klass som representerar en bild samt ett `ImageUI` som hjälper att ladda in en JPEG bild.

#### Specification Image

```

class Image(val image: BufferedImage);

/** Returns a matrix of Color-objects that represents an image */
def getColorMatrix: Array[Array[Color]];

/** Updates the image in accordance with the given Color-matrix */
def updateImage(pixels: Array[Array[Color]]): Unit;

```

#### Specification FilterList

```

class FilterList = ???

/** Adds a filter to the FilterList */
def addFilter(filter: ImageFilter): Unit = ???

/** Applies all the filters on the given Image and draws it in SimpleWindow */
def applyFilters(image: Image, sw: SimpleWindow): Unit = ???

```

#### Specification FilterChooser

```

/** Creates a FilterChooser with all the available filters */
class FilterChooser(filters: Array[ImageFilter]) = ???

/** Shows which filters are available and lets the user choose filters
 * until an escape sequence has been given and returns a FilterList which
 * contain the chosen filters
 * Example:
 * Tryck på 1 för Blått-filter
 * Tryck på 2 för Kontrast-filter
 * Tryck på 3 för Gauss-filter

```

```

* Tryck på 4 för Sobel-filter
* Tryck 42 om du inte vill ha fler filter
*/
def chooseFilters(): FilterList = ???

```

**Uppgift 1.** Implementera ett blåfilter. Det vill säga skapa ett filter där varje pixelelement bara innehåller den blå komponenten. Testa filtret genom att skriva en main metod. Använd ImageUI för att välja en bild på följande sätt:

```
val im = new Image(ImageUI.getImage)
```

Använd SimpleWindow för att visa bilden.

**Uppgift 2.** Implementera ett inverteringsfilter som skapar en negativ kopia av bilden. Fundera över vad som kan menas med en inverterad eller negativ kopia: de nya RGB-värdena är inte ett dividerat med de gamla värdena (då skulle de nya värdena kunna bli flyttal) och inte de gamla värdena med ombytt tecken (då skulle de nya värdena bli negativa).

**Uppgift 3.** Implementera ett filter som gör om bilden till en gråskalebild. Använd ImageFilters computeIntensity metod för att bestämma vilken intensitet varje bildelement ska ha. Om intensiteten i ett bildelement till exempel är 105 så ska ett nytt Color-objekt med värdena (105, 105, 105) skapas.

**Uppgift 4.** Skapa ett filter som krypterar bilden med xor-operatorn. Varje bildelement krypteras genom att använda xor-operatorn med ursprungsvärdena för rött, grönt och blått tillsammans med ett slumpmässigt heltalsvärde som genereras av Javas Random klass.

**Uppgift 5.** Gaussfiltrering. Skriv en klass GaussFilter där ImageFilters convolve-metod används. Varje färg ska behandlas separat. Gör på följande sätt:

1. Bilda tre short-matriser och lagra pixlarnas red-, green- och blue-komponenter i matriserna.
2. Utför faltningen av de tre komponenterna för varje element och lagra ett nytt Color-objekt i outPixels för varje punkt.
3. Elementen i ramen behandlas inte, men i outPixels måste också dessa element få värden. Enklast är att flytta över dessa element oförändrade från inPixels till outPixels. Man kan också sätta dem till Color.WHITE, men då kommer den filtrerade bilden att se något mindre ut.

Metoden faltar punkten `p[i][j]` med faltningskärnan `kernel` och ska anropas med red-, green- och blue-matrisen. `weight` är summan av elementen i `kernel`. Faltningskärnan kan vara ett attribut i klassen och ska vara en matris med följande utseende:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

**Uppgift 6.** Sobelfiltrering.

1. Beräkna intensitetsmatrisen med metoden `computeIntensity`.
2. Falta varje punkt i intensitetsmatrisen med två kärnor:

$$X\_SOBEL = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} Y\_SOBEL = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Använd metoden `convolve` med vikten 1. Koefficienterna i matrisen  $X\_SOBEL$  uttrycker derivering i x-led, i  $Y\_SOBEL$  faltning i y-led. För att förklara varför koefficienterna ibland är 1 och ibland 2 måste man studera den bakomliggande teorin noggrant, men det gör vi inte här.

3. Om resultaten av faltningen i en punkt betecknas med  $s_x$  och  $s_y$  så får man en indikator på närvaron av en kontur med  $Math.abs(s_x) + Math.abs(s_y)$ . Absolutbelopp behöver man eftersom man har negativa koefficienter i faltningsmatriserna.
4. Sätt pixeln till svart om indikatorn är större än tröskelvärdet, till vit annars. Tröskelvärdet bestäms av `paramValue`. Skriv en klass `SobelFilter` som implementerar denna algoritm.

**Uppgift 7.** Implementera `FilterList` enligt specifikationerna ovan.**Uppgift 8.** Implementera `FilterChooser` enligt specifikationerna ovan.

**Uppgift 9.** Knyt ihop allt i ett `ImageProcessing`-object som ska innehålla en `main`-metod där allt körs från. Utskrifterna ska se ut på följande sätt:

Välj en av följande bilder genom att mata in en siffra

0. boy.jpg
1. car.jpg
2. duck.jpg
3. facade.jpg
4. jay.jpg
5. moon.jpg
6. obidos.jpg
7. sgrada.jpg
8. shuttle.jpg

Ditt val: 1

Bild car.jpg laddad

Tryck på 0 för Vanligt-filter

Tryck på 1 för Blått-filter

Tryck på 2 för Krypterat-filter

Tryck på 3 för Inverterat-filter

Tryck på 4 för Grått-filter

Tryck på 5 för Kontrast-filter  
 Tryck på 6 för Gauss-filter  
 Tryck på 7 för Sobel-filter  
 Tryck 42 om du inte vill använda fler filter  
 Välj ett filter 1  
 Välj ett filter 42  
 Välja ny bild? (y/n) n

Tänk på att användaren kan mata in otillåtna värden. Detta ska hanteras på lämpligt sätt.

### 13.3.3 Frivilliga extrauppgifter

**Uppgift 10.** Förbättring av kontrasten i bild. Vi inskränker oss här till att förbättra kontrasten i gråskalebilder. Om man applicerar kontrastfiltrering på en färgbild så kommer bilden att konverteras till en gråskalebild. (Man kan naturligtvis förbättra kontrasten i en färgbild och få en färgbild som resultat. Då behandlar man de tre färgkanalerna var för sig.) Många bilder lider av alltför låg kontrast. Det beror på att bilden inte utnyttjar hela det tillgängliga området 0–255 för intensiteten. Man får en bild med bättre kontrast om man ”töjer ut” intervallet enligt följande formel (lineär interpolation):

$$newIntensity = 255 * (intensity - 45) / (225 - 45)$$

Som synes kommer en punkt med intensiteten 45 att få den nya intensiteten 0 och en punkt med intensiteten 225 att få den nya intensiteten 255. Mellanliggande punkter sprids ut jämnt över intervallet [0,255]. För punkter med en intensitet mindre än 45 sätter man den nya intensiteten till 0, för punkter med en intensitet större än 225 sätter man den nya intensiteten till 255. Vi kallar intervallet där de flesta pixlarna finns för [lowCut, highCut]. De punkter som har intensitet mindre än lowCut sätter man till 0, de som har intensitet större än highCut sätter man till 255. För de övriga punkterna interpolerar man med formeln ovan (45 ersätts med lowCut, 225 med highCut).

Det återstår nu att hitta lämpliga värden på lowCut och highCut. Detta är inte något som kan göras helt automatiskt, eftersom värdena beror på intensitetsfördelningen hos bildpunkterna. Man börjar med att beräkna bildens intensitetshistogram, dvs hur många punkter i bilden som har intensiteten 0, hur många som har intensiteten 1, . . . , till och med 255. Detta är ett typiskt registreringsproblem som ska lösas enligt metoden i avsnitt 8.10 i läroboken.

I de flesta bildbehandlingsprogram kan man sedan titta på histogrammet och interaktivt bestämma värdena på lowCut och highCut. Så ska vi dock inte göra här. I stället bestämmer vi oss för ett procenttal cutOff (som vi matar in i Parameter-rutan i användargränssnittet) och beräknar lowCut så att cutOff procent av punkterna i bilden har en intensitet som är mindre än lowCut och highCut så att cutOff procent av punkterna har en intensitet som är större än highCut.

Exempel: antag att en bild innehåller 100 000 pixlar och att `cutOff` är 1.5. Beräkna bildens intensitetshistogram i en vektor `int[] histogram = new int[256]`. Beräkna `lowCut` så att  $histogram[0] + histogram[1] + \dots + histogram[lowCut] = 0.015 * 100000$  (så nära det går att komma, det blir troligen inte exakt likhet). Beräkna `highCut` på liknande sätt. Sammanfattning av algoritmen:

1. Beräkna intensiteten hos alla punkterna i bilden, lagra dem i en short-matris. Använd den färdigskrivna metoden `computeIntensity`.
2. Beräkna bildens intensitetshistogram.
3. Parametervärdet `paramValue` är det värde som ska användas som `cutOff`.
4. Beräkna `lowCut` och `highCut` enligt ovan.
5. Beräkna den nya intensiteten för varje pixel enligt interpolationsformeln och lagra de nya pixlarna i `outPixels`.

Skriv en klass `ContrastFilter` som implementerar algoritmen. I katalogen `images` kan bilden `moon.jpg` vara lämpliga att testa, eftersom den har låg kontrast. Anmärkning: om `cutOff` sätts = 0 så får man samma resultat av denna filtrering som man får av `GrayScaleFilter`. Detta kan man se genom att studera interpolationsformeln.



# Kapitel 14

## Tentaträning

Begrepp du ska lära dig denna vecka:





# **Del III**

## **Appendix**



# Appendix A

## Terminalfönster och kommandoskal

### A.1 Vad är ett terminalfönster?

I ett terminalfönster kan man skriva kommandon som kör program och hanterar filer på din dator. När man programmerar använder man ofta terminalkommando för att kompilera och exekvera sina program. Man kan använda terminalkommandon för att navigera och manipulera filerna på datorns disk.

#### Terminal i Linux

#### PowerShell i Microsoft Windows

Microsoft Windows är inte Unix-baserat, men i kommandotolken PowerShell finns alias definierat för en del vanliga unix-kommandon. Du startar Powershell t.ex. genom att trycka på Windows-knappen och skriva powershell.

#### Terminal i Apple OS X

Apple OS X är ett Unix-baserat operativsystem. Många kommandon som fungerar under Linux fungerar också under Apple OS X.

### A.2 Några viktiga terminalkommando

Tipsa om [ss64.com](http://ss64.com)



# **Appendix B**

## **Editera**

**B.1 Vad är en editor?**

**B.2 Välj editor**





# Appendix C

## Kompilera och exekvera

### C.1 Vad är en kompilator?

### C.2 Java JDK

#### C.2.1 Installera Java JDK

### C.3 Scala

#### C.3.1 Installera Scala-kompilatorn

### C.4 Read-Evaluate-Print-Loop (REPL)

För många språk, t.ex. Scala och Python, finns det en interaktiv tolk som gör det möjligt att exekvera enstaka programrader och direkt se effekten. En sådan tolk kallas Read-Evaluate-Print-Loop eftersom den läser en rad i taget och översätter till maskinkod som körs direkt.

#### C.4.1 Scala REPL

##### Kommandon i REPL

`:paste`

Kortkommandon: Ctrl+K etc.



# Appendix D

## Dokumentation

### D.1 Vad gör ett dokumentationsverktyg?

### D.2 scaladoc

<http://docs.scala-lang.org/style/scaladoc.html>

### D.3 javadoc



# Appendix E

## Integrerad utvecklingsmiljö

### E.1 Vad är en IDE?

### E.2 Kojo

#### E.2.1 Installera Kojo

[www.kogics.net/kojo-download](http://www.kogics.net/kojo-download)

#### E.2.2 Använda Kojo

Tabell E.1: Några av sköldpaddans funktioner. Se även [lth.se/programmera](http://lth.se/programmera)

<i>Svenska</i>	<i>Engelska</i>	<i>Vad händer?</i>
fram	forward	Paddan går 25 steg frammåt.
fram(50)	forward(50)	Paddan går 50 steg frammåt.
höger	right	Paddan vrider sig 90 grader åt höger.
upprepa(10){???}	repeat(10){???}	Repetition av ??? 10 gånger.

Koden för den svenska paddans api finns här: [bitbucket.org/lalit\\_pant/kojo/](http://bitbucket.org/lalit_pant/kojo/)

### E.3 Eclipse och ScalalIDE

#### E.3.1 Installera Eclipse och ScalalIDE

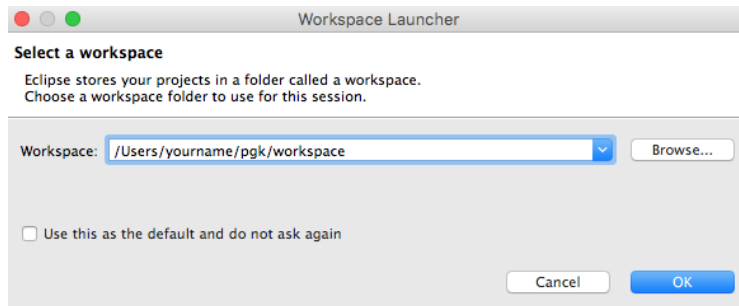
#### E.3.2 Använda Eclipse och ScalalIDE

Ladda ner och importera projekt från kursens workspace

TODO: skriv mer här

- Ladda ner kursens workspace här: <http://cs.lth.se/pgk/workspace>
- Packa upp filen på lämpligt ställe.

- Starta Eclipse med ScalaIDE-plugin (för installation se E.3.1).
- Bläddra till biblioteket du nyss packade upp, ungefär som i E.1



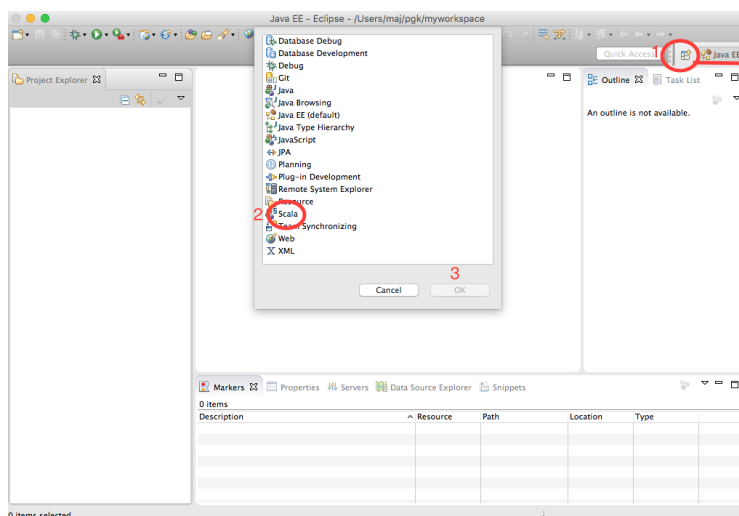
Figur E.1: *Öppna workspace*: Bläddra fram till kursens workspace och klicka **OK**.

- Gå vidare från startskärmen genom att välja **Workspace**, se Fig.E.2.



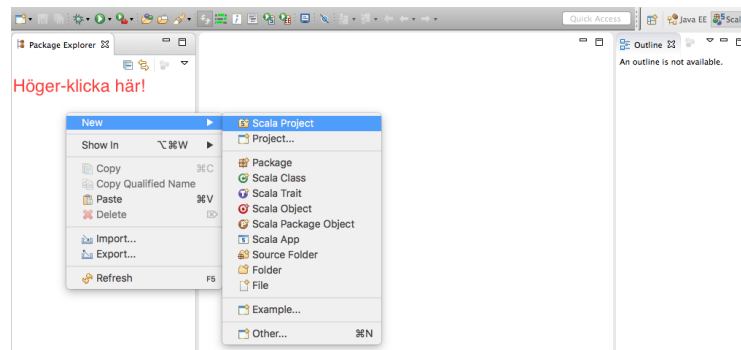
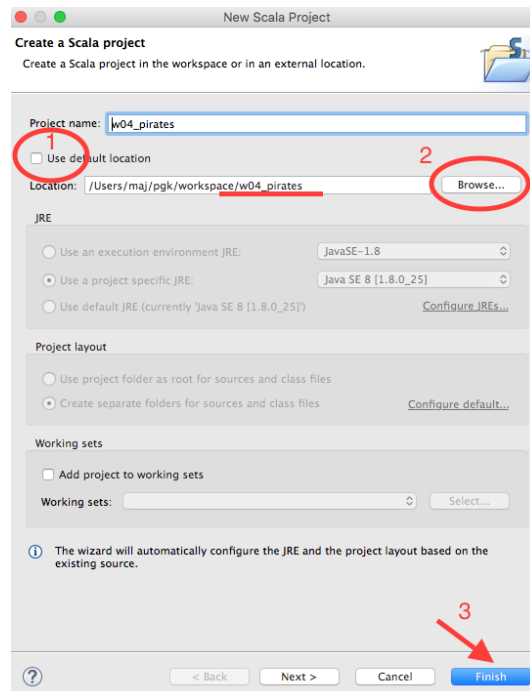
Figur E.2: Välj **workspace**.

- Uppe till höger ser du vilken vy du har. I Eclipse kommer vi växla mellan Scala, Java och debug-vyer. Dessa läggs till via listan som nås genom den fönsterliknande ikonen enligt Fig. E.3. Du ska ha **Scala** igång.

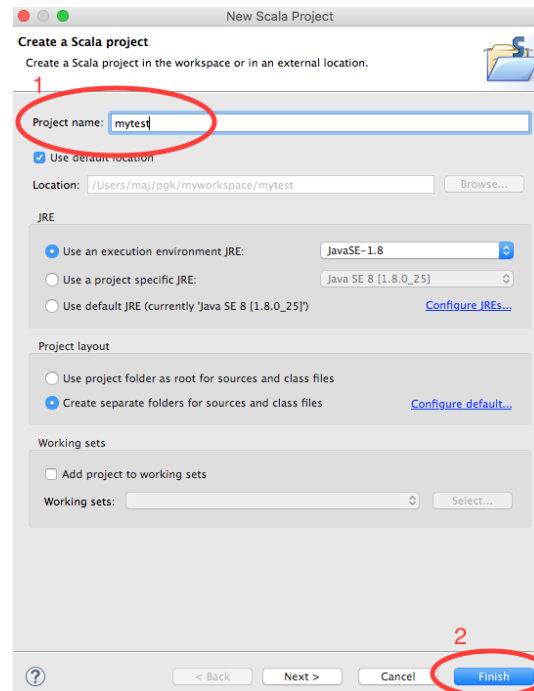


Figur E.3: Lägg till vyer från listan med installerade plugin.

- Högerklicka i **Project Explorer** och välj **New -> Scala Project**, se Fig. E.4. Importera existerande projekt genom att genom att avmarkera *Use default location* och bläddra till katalogen för respektive laboration och sen **Finish**, se exempel i Fig. E.5 (namnet sätts automatiskt). Du kan också skapa nya projekt genom att ange ett projektnamn direkt och sen klicka **Finish** enligt Fig. E.6.

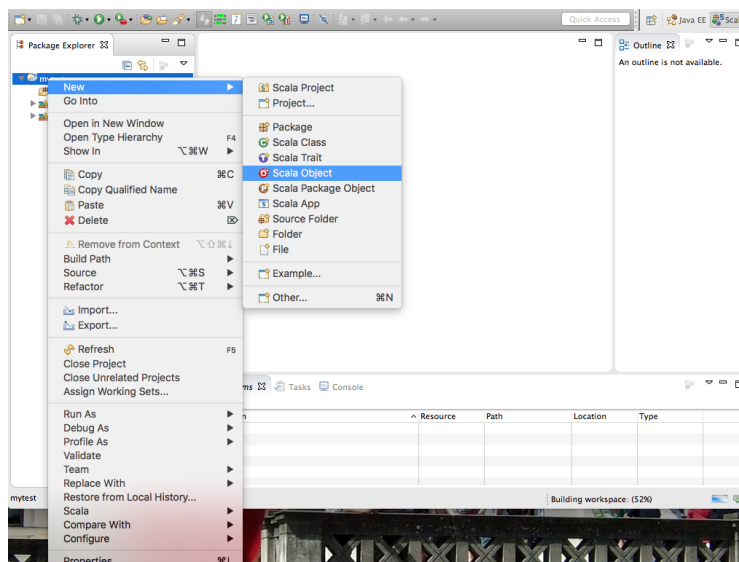
Figur E.4: Välj att **Scala Project** i menyerna.

Figur E.5: Importera existerande projekt genom att ange sökvägen.



Figur E.6: Skapa ett nytt projekt genom att ange namn.

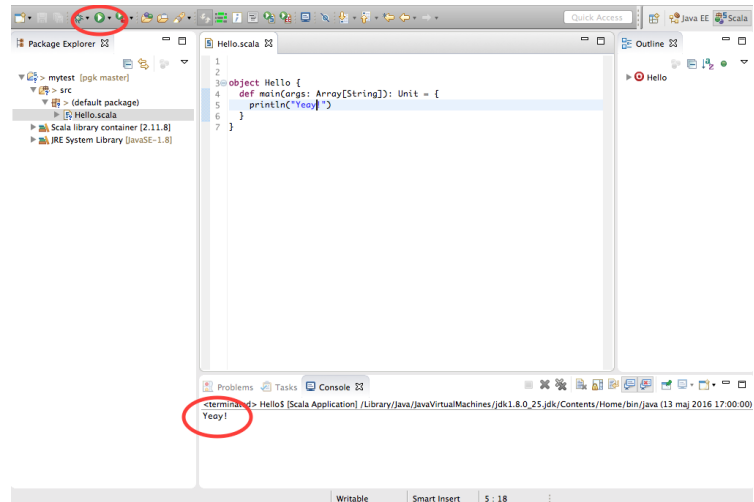
- Du skapar nya klasser och objekt på liknande sätt, genom att högerklicka och välja **New**, se exempel i Fig. E.7



Figur E.7: Skapa ett nytt objekt via menyerna.

- Skriv ett main-program och exekvera det genom att markera klassen i **Project Explorer** och sen klicka på den gröna pilen. Utskrifter kommer till konsolen längst ner.





Figur E.8: Exekvera med den gröna pilen.



# **Appendix F**

## **Byggverktyg**

**F.1 Vad gör ett byggverktyg?**

**F.2 Byggverktyget sbt**

**F.2.1 Installera sbt**

**F.2.2 Använda sbt**



# **Appendix G**

## **Versionshantering och kodlagring**

### **G.1 Vad är versionshantering?**

### **G.2 Versionshanteringsverktyget git**

#### **G.2.1 Installera git**

#### **G.2.2 Använda git**

### **G.3 Vad är nyttan med en kodlagringsplats?**

### **G.4 Kodlagringsplatsen GitHub**

#### **G.4.1 Installera klienten för GitHub**

#### **G.4.2 Använda GitHub**

### **G.5 Kodlagringsplatsen Atlassian BitBucket**

#### **G.5.1 Installera SourceTree**

#### **G.5.2 Använda SourceTree**



# Appendix H

## Virtuell maskin

### H.1 Vad är en virtuell maskin?

Du kan köra alla kursens verktyg i en så kallad virtuell maskin (vm). Det är ett enkelt och säkert sätt att installera ett nytt operativsystem i en "sandlåda" som inte påverkar din dators ursprungliga operativsystem.

### H.2 Installera kursens vm

Det finns en virtuell maskin förberedd med alla verktyg som du behöver förinstallerade. Gör så här:

1. Installera VirtualBox v5 här:  
<https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads>
2. Ladda ner filen vbox.zip här:  
<http://fileadmin.cs.lth.se/pgk/vbox.zip>  
OBS! Då filen är på nästan 4GB kan nedladdningen ta mycket lång tid.
3. Packa upp filen vbox.zip i biblioteket "VirtualBox VMs" som du fick i din hemkatalog när du installerade VirtualBox. Du får då 3 filer som heter något med "introprog-ubuntu-64bit".
4. Kolla med hjälp av denna sida:  
<https://md5file.com/calculator>  
så att filen "introprog-ubuntu-64bit.vdi" har denna sha256-checksumma:  
— ska-stå-checksumma-här-sen —
5. Öppna VirtualBox och lägg till maskinen introprog-ubuntu-64bit genom menyn "add".
6. Starta maskinen.
7. Öppna ett terminalfönster och skriv `scala` och du är igång och kan göra första övningen!

## H.3 Vad innehåller kursens vm?

Den virtuella maskinen kör Xubuntu 14.04 med fönstermiljön XFCE, vilket är samma miljö som E-husets linuxdatorer kör.

I den virtuella maskinen finns detta förinstallerat:

- Java JDK 8
- Scala 2.11.8
- Kojo 2.4.08
- Eclipse Mars.2 med ScalaIDE 4.3
- gedit med syntaxfärgning för Scala och Java
- git
- sbt
- Ammonite REPL



# Appendix I

## Nyckelord

### I.1 Vad är ett nyckelord ord?

Nyckelord är ord i ett programmeringsspråk som har speciell betydelse och reserverade för endast ett användningsområde. Nyckelord kallas även *reserverade ord*<sup>1</sup>. Man kan till exempel inte använda nyckelordet **def** som namn på en variabel. Nyckelord ges ofta en speciell färg av de kodeditorer som erbjuder *syntaxstyrd färgning*.

### I.2 Nyckelord i Scala

<b>abstract</b>	<b>case</b>	<b>catch</b>	<b>class</b>	<b>def</b>
<b>do</b>	<b>else</b>	<b>extends</b>	<b>false</b>	<b>final</b>
<b>finally</b>	<b>for</b>	<b>forSome</b>	<b>if</b>	<b>implicit</b>
<b>import</b>	<b>lazy</b>	<b>macro</b>	<b>match</b>	<b>new</b>
<b>null</b>	<b>object</b>	<b>override</b>	<b>package</b>	<b>private</b>
<b>protected</b>	<b>return</b>	<b>sealed</b>	<b>super</b>	<b>this</b>
<b>throw</b>	<b>trait</b>	<b>try</b>	<b>true</b>	<b>type</b>
<b>val</b>	<b>var</b>	<b>while</b>	<b>with</b>	<b>yield</b>
<b>_</b>	<b>:</b>	<b>=</b>	<b>=&gt;</b>	<b>&lt;-</b>
			<b>&lt;:</b>	<b>&lt;%</b>
			<b>&gt;:</b>	<b>#</b>
				<b>@</b>

### I.3 Nyckelord i Java

Here is a list of keywords in the Java programming language. You cannot use any of the following as identifiers in your programs. The keywords `const` and `goto` are reserved, even though they are not currently used. `true`, `false`, and `null` might seem like keywords, but they are actually literals; you cannot use them as identifiers in your programs.

**abstract   continue   for   new   switch**

<sup>1</sup>Läs mer här: [en.wikipedia.org/wiki/Reserved\\_word](https://en.wikipedia.org/wiki/Reserved_word)

```
assert *** default goto * package synchronized
boolean do if private this
break double implements protected throw
byte else import public throws
case enum **** instanceof return transient
catch extends int short try
char final interface static void
class finally long strictfp ** volatile
const * float native super while
*      not used
**      added in 1.2
***      added in 1.4
****      added in 5.0
```

# Appendix J

## Hur bidra till kursmaterialet?

### J.1 Bidrag är varmt välkomna!

Ett av huvudsyftena med att göra detta kursmaterial fritt och öppet är att möjliggöra bidrag från alla som är intresserade. Speciellt välkommet är bidrag från studenter som vill vara delaktiga i att utveckla undervisningen.

### J.2 Instruktioner

#### J.2.1 Vad behövers för att kunna bidra?

Om du hittar ett problem, t.ex. ett enkelt stavfel, eller har något mer omfattande som borde förbättras, men ännu inte känner till eller har tillgång till de verktyg som beskrivs nedan och som behövs för att göra bidrag, kontakta då någon som redan bidragit till materialet, så att någon annan kan implementera ditt förslag.

Innan du själv kan implementera ändringar direkt i materialet, behöver du känna till, och ha tillgång till, ett eller flera av följande verktyg (beroende på vad ändringen gäller):

- Latex: [en.wikibooks.org/wiki/LaTeX](https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX)
- Scala: [en.wikipedia.org/wiki/Scala\\_%28programming\\_language%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Scala_%28programming_language%29)
- git: [https://en.wikipedia.org/wiki/Git\\_%28software%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Git_%28software%29)
- GitHub: [en.wikipedia.org/wiki/Github](https://en.wikipedia.org/wiki/Github)
- sbt: [en.wikipedia.org/wiki/SBT\\_%28software%29](https://en.wikipedia.org/wiki/SBT_%28software%29)

Läs mer om hur du bidrar här:

[github.com/lunduniversity/introprog#how-to-contribute-to-this-repo](https://github.com/lunduniversity/introprog#how-to-contribute-to-this-repo)

#### J.2.2 Svenska eller engelska?

Vi blandar engelska och svenska enligt följande principer:

- Publika diskussioner, t.ex. i issues och pull requests på GitHub, sker på engelska. I en framtid kan delar av materialet komma att översättas till

engelska och då är det bra om även icke-engelskspråkiga kan förstå vad som har hänt. Alla ändringshändelser sparas och man kan söka och gå tillbaka i historiken.

- Kompendiet finns för närvarande bara på svenska eftersom kursen initialt endast ges för svenskspråkiga studenter, men texten ska hjälpa läsaren att tillgodogöra sig motsvarande engelsk terminologi. Skriv därför motsvarande engelska begrepp (eng. *concept*) i parentes med hjälp av latex-kommandot `\Eng{concept}`.
- På övningar och föreläsningar är svenska variabelnamn ok. Svenska kan användas för att hjälpa den som håller på att lära sig att skilja på ord som vi själv hittar på och ord som finns i programmeringsspråket. Detta signalerar också att när man lär sig och experimenterar kan man hitta på tokroliga namn och använda svenska hur mycket man vill. Man lär sig genom att prova!
- Kod i labbar ska vara på engelska. Detta signalerar att när man kodar för att det ska bli något bestående, då kodar man på engelska.

## J.3 Exempel

Som exempel på hur det går till i ett typiskt öppen-källkodsprojekt, beskrivs nedan vad som hände i ett verkligt fall: en dokumentationsuppdatering av Scala-dokumentationen efter att ett fel upptäckts. Detta exempelfall är ett typiskt scenario som illustrerar hur det kan gå till, och vad man kan behöva tänka på. Exemplet ger också länkar till och inblick i ett riktigt stort projekt med öppen källkod.

### Scenario: att göra ett bidrag vid upptäckt av problem

”Jag fick till min stora glädje denna *Pull Request* (PR) accepterad till dokumentationssajten för Scala. Man kan se mitt bidrag här:

[github.com/scala/scala.github.com/commit/7da81868ba4d74b87fe0b1](https://github.com/scala/scala.github.com/commit/7da81868ba4d74b87fe0b1)

Att börja med att bidra till dokumentation är ofta en bra väg att komma in i ett open source-projekt, då det är en god chans att hjälpa till utan att det behöver kräva djup kompetens om koden i repot. Jag beskriver nedan vad som hände steg för steg då jag fick en riktig PR accepterad, som ett typiskt exempel på hur det ofta fungerar.

1. Jag tyckte dokumentationen för metoden `lengthCompare` på indexerbara samlingar på [scala-lang.org/documentation](https://scala-lang.org/documentation) var förvirrande. När jag provade i REPL blev det uppenbart att något var fel: antingen så var dokumentationen fel eller så funkade inte metoden som den skulle. Ojoj, kanske har jag upptäckt ett nytt fel? En chans att bidra!

2. Först sökte jag noga bland alla issues som ligger under fliken 'issues' på GitHub för att se om någon redan hittat detta problem. Om så vore fallet hade jag kunnat kommentera en sådan issue och skriva något till stöd för att den behöver fixas, eller allra helst att erbjuda mig att försöka fixa den. Men jag hittade ingen issue om detta...
3. Jag skapade därför ett nytt ärende genom att klicka på knappen *New issue* i webbgränssnittet på GitHub och här syns resultatet:  
<https://github.com/scala/scala.github.com/issues/515#>  
Jag tänkte noga på hur jag skulle formulera mig:
  - Titlen på issuen är extra viktig: den ska sammanfatta på en enda rad vad det hela rör sig om så att läsaren av rubriken förstår vad problemet är.
  - Jag jobbade sedan med att skriva en tydlig och detaljerad beskrivning av problemet och angav exakt vilken version det gällde. Det är bra att klistra in exempel från Scala REPL och andra testfallskörningar med indata och utdata om relevant. Det är viktigt att problemet går att hitta och återskapa av andra, därför behövs information om vilken version det gäller och ett minimalt testfall som renodlar problemet.
  - Det är bra att ställa frågor och komma med förslag för att öppna en diskussion om ärendet. Jag frågade speciellt om detta var ett dokumentationsproblem eller en bugg i koden.
  - OBS! Man ska inte öppna en issue innan man först kollat noga att det verkligen är något som bör åtgärdas och att det inte är en dubblett eller överlapp med andra issues: varje gång man öppnar ett ärende kommer det att generera arbete för andra även om ärendet inte ens till slut resulterade i någon åtgärd...
  - Om det är ett mer öppet, allmänt förslag, en förbättring eller en helt ny feature kan man också skapa en issue (det måste alltså inte vara en renodlad bugg). Är man osäker på om ärendet är relevant, är det bra att diskutera det i gemenskapens mejlforum först.
4. Jag fick snabbt kommentarer på min issue, vilket är kännetecknande för en väl fungerande community med alerta maintainers. Och när jag fick uppmuntran att bidra, så erbjöd jag mig att implementera förbättringen. Tänk på att alltid skriva i en saklig, kortfattad och trevlig ton!
5. Nästa steg är att "forka" repot på GitHub genom att helt enkelt klicka på *Fork* i webbgränssnittet. Jag fick då en egen kopia av repot under min egen användare på GitHub, där jag har rättigheter att ändra.
6. Därefter klonade jag repot till min lokala maskin med terminalkommandot `git clone https://...` (eller så kan man använda skrivbordsappen GitHub Desktop).
7. Sedan rättade jag problemet direkt i relevant fil i en editor på min dator, i detta fallet var filen i formatet Markdown (ett lättläst textformat som

man kan generera html från):

[raw.githubusercontent.com/scala/scala.github.com/master/overviews/collections/seqs.md](https://raw.githubusercontent.com/scala/scala.github.com/master/overviews/collections/seqs.md)

8. När jag fixat problemet gjorde jag `git add` på filen och sedan `git commit -m "välgenomtänkt commit msg"`. Jag tänkte efter noga innan jag skrev första raden i commit-meddelandet så att det skulle vara både kort och kärnfullt. Men ändå glömde jag att inkludera issue-numret : (, se min kommentar till commiten, som jag tillfogade i efterhand, när jag till slut upptäckte min fadäs:  
[scala.github.com/commit/2624c305a8a6f24ea3398fe0fcbd0c72492bdd12#comments](https://scala.github.com/commit/2624c305a8a6f24ea3398fe0fcbd0c72492bdd12#comments)
9. Efter att jag gjort `git commit` så finns ändringen ännu så länge bara lokalt på min dator. Då gäller det att "pusha" till min fork på GitHub med `git push` (eller använda *Synch*-knappen i GitHub-desktop-appen).
10. Därefter skapade jag en PR genom att helt enkelt trycka på knappen *New pull request* på GitHub-sidan för min fork. Jag tänkte efter noga innan jag författade rubriken som beskriver denna PR. Hade denna ändring varit mer omfattande hade jag också behövt göra en detaljerad beskrivning av hur ändringen var implementerad för att underlätta granskningen av mitt förslag. Ni kan se denna (numera avlutade) PR här:  
<https://github.com/scala/scala.github.com/pull/517>
11. När jag skapat en PR fick de som sköter repot ett automatiskt meddelande om denna nya PR och den efterföljande granskningsfasen inträdde. Den brukar sluta med att en eller flera andra personer kommenterar PR i webbgränssnittet med 'LGTM'. LGTM = "*Looks Good To Me*" och betyder ungefär "jag har kollat på detta nu och det verkar (vad jag kan bedöma) vara utmärkt och alltså redo för *merge*". Om det inte ser bra ut så förväntas granskaren föreslå vad som behöver förbättras i en saklig och trevlig ton.
12. När PR är granskad så kan en person, som har rättigheter att ändra, "merge" in PR på huvudgrenen, som ofta kallas *master*, i det centrala repot, som ofta kallas *upstream*.
13. Avslutningsvis kan issuen stängas av de ansvariga för repot. Issuen är nu markerad "Closed" och syns inte längre i listan med aktiva issues.

Puh! Sen var det klart : ) "

*Epilog:* Om du i framtiden får chansen att göra fler bidrag är det viktigt att först uppdatera din fork mot upstream innan du gör några nya ändringar i din lokala kopia; annars är risken att din PR innehåller föråldrad information och därmed blir en merge onödigt krånglig. Detta kan man göra genom en knapp i GitHub Desktop eller genom att följa denna beskrivning: [help.github.com/articles/syncing-a-fork/](https://help.github.com/articles/syncing-a-fork/) Det är i allmänhet den som ändrars ansvar att se till att ändringar alltid sker i samklang med den mest aktuella versionen av upstream.

## **Appendix K**

### **Lösningsförslag, tips och kommentarer till övningarna**

## K.1 expressions

### K.1.1 Grunduppgifter

#### Uppgift 1.

- a) skriver ut "hejsan REPL"
- b) man får fortsätta skriva på nästa rad
- c) värde: gurkatomat, typ: String
- d) värde: gurkatomatgurkatomatgurkatomatgurkatomat, typ: String

**Uppgift 2.** En literal anger ett specifikt datavärde.

#### Uppgift 3.

- a) Int
- b) Long
- c) char
- d) String
- e) Double
- f) Double
- g) Double
- h) Float
- i) Float
- j) Boolean
- k) Boolean

#### Uppgift 4.

```
hejsan  
42  
gurka
```

- Klammerparenteser används för att gruppera flera satser. Klammerparenteser behövs om man vill definiera en funktion som består av mer än en sats.
- Semikolon avskiljer flera satser. Semikolon behövs om man vill skriva många satser på samma rad.

#### Uppgift 5.

- a) Ett uttryck kan evalueras och resulterar då i ett användbart värde. En sats gör något (t.ex. skriver ut något), men resulterar inte i något användbart värde.
- b) println()
- c) Värdesaknas innehåller Unit



Skriver ut Unit

Skriver ut "()"

Skriver ut "()"

Skriver först ut hej med det innersta anropet och sen () med det yttre anropet

d) Unit

e) Unit

### Uppgift 6.

a) Int, 42

b) Float,19

c) Double,42

d) Double,42

e) Float,1.042E42

f) Long, 12E6

g) String, gurka

h) Char, 'A'

i) Int,65

j) Int,48

k) Int,49

l) Int,57

m) Int, 113

n) Char, 'q'

o) Char, '\*'

### Uppgift 7.

a) Int, 84

b) Float, 21

c) Float, 41.8

d) Double, 12

### Uppgift 8.

a) Int,27

b) Int,50

c) Double, 13.3

d) Int, 13

### Uppgift 9.

a) Int, 21

b) Int, 10

c) Float,10.5

- d) `Int, 0`
- e) `Int, 1`
- f) `Int, 3`
- g) `Int, 0`
- h) `((5793 - 1000 * (5793 / 1000)) / 100`

#### Uppgift 10.

- a) `127,-128`
- b) `32767,-32768`
- c) `2147483647,-2147483648`
- d) `9223372036854775807,-9223372036854775808`

#### Uppgift 11.

- a) `java: PI` `scala: Pi`
- b) använder sig utav pythagoras sats
- c) `scalb()`

#### Uppgift 12.

- a) den blir `Int.MinValue`
- b) kastar `exemption`
- c) `1.00000000000000001E8`
- d) avrundas till `1E8`
- e) `45.000000000000001`
- f) returnerar en `double` som är oändlig
- g) `Int.MaxValue`
- h) `NaN`
- i) `NaN`
- j) Man kastar ett nytt `exception`.

#### Uppgift 13.

- a) **`true`**
- b) **`false`**
- c) **`false`**
- d) **`false`**
- e) **`true`**
- f) **`true`**
- g) **`true`**
- h) **`false`**
- i) **`true`**
- j) **`false`**

- k) **false**
- l) **true**
- m) **true**
- n) **false**
- o) **true**
- p) **true**
- q) **true**
- r) **false**
- s) **true**
- t) **false**
- u) **true**
- v) **true**

**Uppgift 14.**

```
a = 13
b = 14
c = Double 54
b = 0
a = 0
c = Double 55
```

**Uppgift 15.**

- a)
  - x blir 30
  - x blir 31
  - skriv ut x
  - x = 32
  - skriv ut x
  - false
  - constant värde y blir 20
  - fungerar ej
  - skriv ut gurka och z blir 10
  - funktionen w blir det inom måsvingarna
  - skriv ut z
  - skriv ut z
  - z blir 11
  - anropa w
  - anropa w
  - fungerar ej
- b) Rad 8 och 16. y är konstant och kan ej modifieras. kan ej modifiera en funktion
- c)
  - **var** används för att deklarera en variabel som kan tilldelas nya värden efter att den initialiserats

- **val** används för att deklarerera en variabel som kan tilldelas ett endast en gång (initialiseras men sedan inte ändras)
- **def** används för att deklarerera en funktion som evalueras varje gång den anropas.

d) **val** even = n % 2 == 0

e) **val** odd = n % 2 != 0

### Uppgift 16.

a blir 40

b blir 80

a blir 50

b blir 70

a blir 160

b blir 35

### Uppgift 17.

a)

```
Namnet 'Kim Robinsson' har 12 bokstäver.  
Efternamnet 'Robinsson' har 9 bokstäver.
```

b)

```
val fTot = f.size  
val eTot = e.size  
println(s"$f har $fTot bokstäver.")  
println(s"$e har $eTot bokstäver.")
```

### Uppgift 18.

1. skriver ut "sant" (else-grenen görs ej)
2. skriver ut "falskt" (else-grenen görs)
3. skriver ut "faskt" (else-grenen görs)
4. skriver ut "sant" (else-grenen görs ej)
5. definerar en funktion som ...
6. ... skriver ut antingen krona eller klave med lika stor sannolikhet
7. singlar slant tre gånger

### Uppgift 19.

- a) String, inte gott
- b) String, gott
- c) String, likastora
- d) String, gurka
- e) String, banan

### Uppgift 20.

a)

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,  
 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,  
 2, 4, 6, 8, 10,  
 1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91,  
 inget

b)

```
scala> for(i <- 1 to 43 by 3) print("A" + i + ", ")
```

### Uppgift 21.

a)

9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19,  
 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19,  
 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33,

b)

B33, B30, B27, B24, B21, B18, B15, B12, B9, B6, B3, B0,

### Uppgift 22.

a)

0 till 9 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12

b)

```
var k = 0
while(k <= 43)
{
  print("A" + k + ", ")
  k = k + 3
}
```

c) foreach

### Uppgift 23.

a) Double

b) 0, less than 1.0

c) Nej

d) Man får 20 olika slumpstal mellan 1 och 3 då `math.random` ger ett slumpstal av typen `Double` mellan 0.0 och nästan, men inte inklusive, 1.0. Om man multiplicerar med 3 och adderar 1 och anropar `toInt` så blir det ett heltal i intervallet [1,3].

e) **for** **for** (i <- 1 to 100) println((math.random \* 9).toInt)

f) **for** (i <- 1 to 100) println((math.random \* 5 + 1).toInt)

g) **for** (i <- 1 to 100) println((math.random \* 6).toInt + 1 )

h) gurka skrivs ut olika antal gånger

i) **while** (math.random > 0.01) println("gurka")

j) Samma sak som i den förra fast man skriver ut slumpvalet

#### Uppgift 24.

- a) poäng > 1000
- b) poäng > 100
- c) poäng < highscore
- d) poäng < 0 || poäng > highscore
- e) poäng > 0 && poäng < highscore
- f) klar
- g) !klar

### K.1.2 Extrauppgifter

#### Uppgift 25.

- a)
- b) Lösningstext.

### K.1.3 Fördjupningsuppgifter

#### Uppgift 26.

- a) 42
- b) Lösningstext.

## K.2 programs

### Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.

## K.3 functions

### Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.



## K.4 data

### Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.

## K.5 sequences

### Uppgift 1.

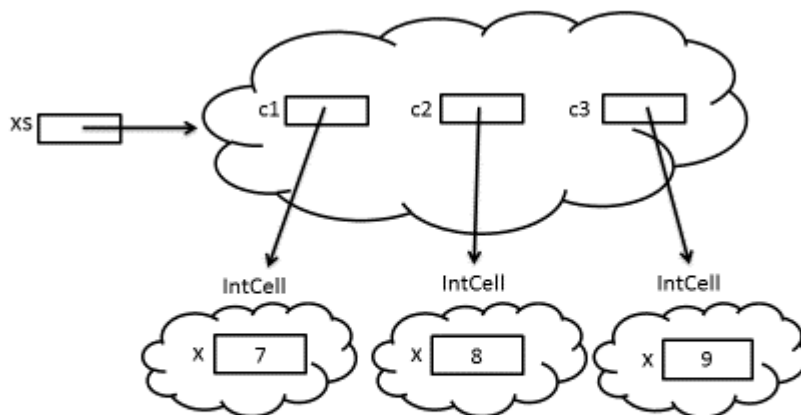
- a) 42;  
1  
2  
7  
42;  
WrappedArray(hej, på, dej)
- b) WrappedArray
- c) `def printAll(xs: Int*) = println(xs.size); xs.foreach(println)`
- d) Storleken "0" skrivs ut och inget annat.

### Uppgift 2.

a)

```
1 scala.collection.immutable.Vector[IntCell] =
2   Vector([Int](7), [Int](42), [Int](9))
```

Referenserna till `c2` och `xs` ändras aldrig. `xs` kommer fortfarande ha tre vektorer som refererar till `c1`, `c2`, `c3`, däremot refererar dessa i sin tur till var sin `Int` som är `Mutable`. I detta fallet ändras `c2.x`'s referens från 8 till 42.



b)

- c) Istället för att skriva `IntCell(var x: Int)` så kan man skriva `IntCell(val x: Int)` där varje cells intvärde kommer vara oförändlig. Alltså då attributen till objektet är "Val" så kommer även de att vara oförändliga.

**Uppgift 3.**

a)

```
def copyAppend(xs: Array[Int], x: Int): Array[Int] = {
  val n = xs.size
  val ys = Array[Int](n+1)
  var i = 0
  while(i < n) {
    ys(i) = xs(i)
    i += 1
  }
  ys(n) = x
  ys
}
```

b)

```
1 xs: scala.collection.mutable.ArrayBuffer[Int] = ArrayBuffer()
2 ArrayBuffer(1, 1, 2)
3 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3)
4 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3, 5)
5 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3, 5, 8)
6 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3, 5, 8, 13)
7 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21)
8 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34)
9 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55)
10 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89)
11 ArrayBuffer(1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144)
12 Int = 144
13 Int = 12
```

c) xs.size = 46

xs(45) = 1836311903

(Ha en arrayBuffer av typen Long istället och byt 100 mot Int.MaxValue och ta det nästsista elementet i sekvensens (det sista kommer vara över))

**Uppgift 4.**

a) Nej det gör det inte. Då ys tilldelas xs.toArray kopieras datan från xs över i en array (som är mutable) vilket är en annan referens än den till xs. Detta innebär att xs och ys inte "pekar" på samma objekt längre.

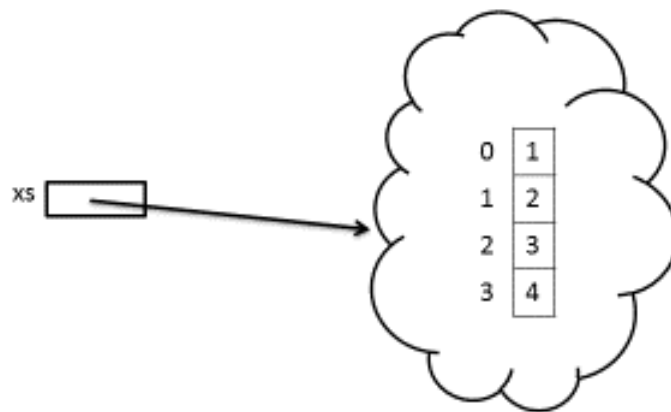
b) Ja därför båda är array och nu kopieras referensen till ys över till zs. Därför kommer alla ändringar i zs att påverka ys (så länge de pekar på samma referens).

c) Nej det gör det inte. Se a).

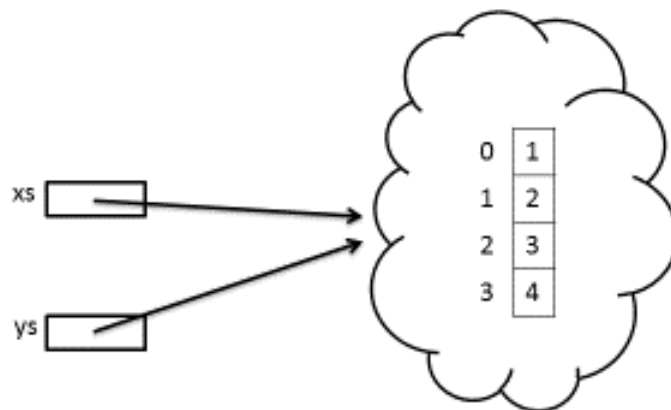
**Uppgift 5.**

a) Den andra parametern anger hur stor den nya vektorn som returneras ska vara.

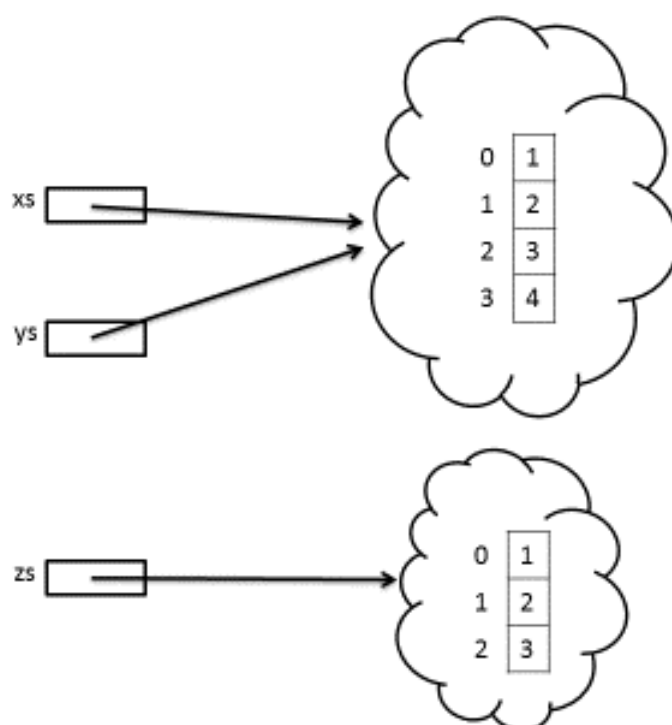
b)



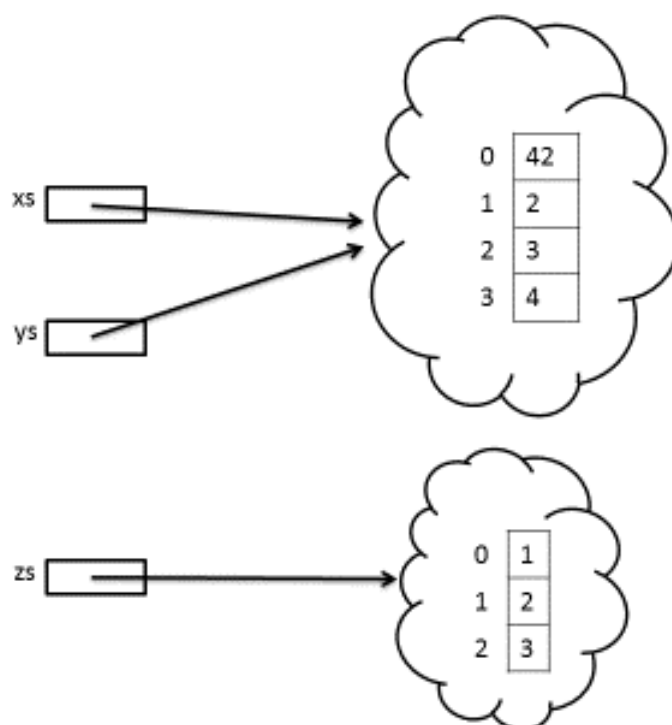
1.



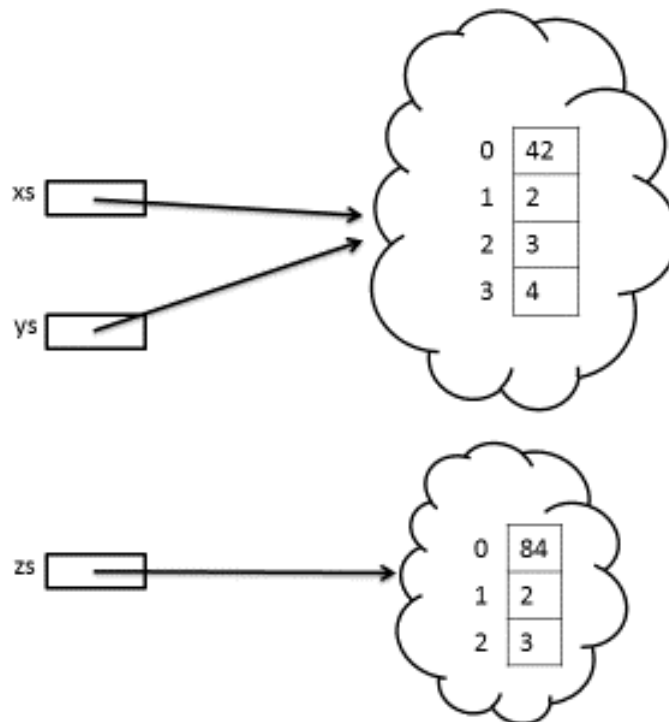
2.



3.



4.



5.

```
xs = Array(42, 2, 3, 4)
```

```
ys = Array(42, 2, 3, 4)
```

```
zs = Array(84, 2, 3)
```

`xs` och `ys` refererar till samma objekt och då deras första `IntCell`:s värde ändras till 42, så kommer förändringen att ske för båda. `zs` har en referens till ett annat objekt med ett mindre element. Att `zs`:s första element ändras, påverkar inte `xs` och `ys`.

### Uppgift 6.

a)

```
def seqReverseCopy(xs: Array[Int]): Array[Int] = {
  val n = xs.size
  val ys = Array[Int](n)
  var i = 0
  while(i < n) {
    ys(n-i-1) = xs(i)
    i += 1
  }
  ys
}
```

b)

```
def seqReverseCopy(xs: Array[Int]): Array[Int] = {
```

```

val n = xs.size
val ys = Array[Int](n)
for(i <- n-1 to 0 by -1) ys(n-i-1) = xs(i)
ys
}

```

c) Se b).

### Uppgift 7.

a)

```

def reverseString(s: String): String = {
  val sb = new StringBuilder(s)
  val n = sb.length
  for (i <- 0 until n / 2) {
    val temp = sb(i)
    sb(i) = sb(n - i - 1)
    sb(n - i - 1) = temp
  }
  sb.toString
}

```

b)

```

def isPalindrome(s: String): Boolean = {s == reverseString(s)}

```

c)

```

def isPalindrome(s: String): Boolean = {
  val n = s.length
  var foundDiff = false
  var i = 0
  while (i < n/2 && !foundDiff) {
    foundDiff = s(i) != s(n - i - 1)
    i += 1
  }
  !foundDiff
}

```

### Uppgift 8.

a) xs.filter(\_ == 6).size

b) xs.filter(\_ % 2 == 0).size

c)

```

1 scala.collection.immutable.Map[Int,scala.collection.immutable.Vector[Int]] =
2   Map(1 -> Vector(5, 3, 1, 1, 3, 5, 1, 1, 3), 0 -> Vector(6, 6, 2, 6))
3 scala.collection.immutable.Map[Int,scala.collection.immutable.Vector[Int]] =

```

```

4   Map(1 -> Vector(5, 3, 1, 1, 3, 5, 1, 1, 3), 0 -> Vector(6, 6, 2, 6))
5   scala.collection.immutable.Map[Int, scala.collection.immutable.Vector[Int]] =
6   Map(2 -> Vector(5, 5, 2), 1 -> Vector(1, 1, 1, 1), 0 -> Vector(3, 6, 3, 6, 3,
7   (2, Vector(5, 5, 2))
8   (1, Vector(1, 1, 1, 1))
9   (0, Vector(3, 6, 3, 6, 3, 6))
10  freqEvenOdd: scala.collection.immutable.Map[Int, Int] = Map(1 -> 9, 0 -> 4)
11  nEven: Int = 4
12  nOdd: Int = 9

```

d) `xs.groupBy(i => i)` skapar en map där nycklarna är alla unika element och värdena är av samma värde som respektive nyckel.

e) `val freq: Map[Int, Int] = xs.groupBy(i => i).map(p => (p._1, p._2.size))`

f)

```

def tärningsRegistrering(xs: Array[Int]): Array[Int] = {
  val f = Array.fill(7)(0)
  f(0) = xs.size
  var i = 0
  while (i < f(0)) {
    f(xs(i)) += 1
    i += 1
  }
  f
}

```

### Uppgift 9.

a)

**Indata** : En sekvens *xs* av typen `Array[Int]` och *pos*  
**Resultat**: En ny sekvens av typen `Array[Int]` som är en kopia av *xs* fast med elementet på plats *pos* borttaget

```

1  n ← antalet element xs
2  ys ← en ny Array[Int] med plats för n - 1 element
3  for i ← 0 to pos - 1 do
4    | ys(i) ← xs(i)
5  end
6  ys(pos) ← x
7  for i ← pos + 1 to n - 1 do
8    | ys(i - 1) ← xs(i)
9  end
10 return ys

```

b)

```

def removeCopy(xs: Array[Int], pos: Int): Array[Int] = {
  val n = xs.size
  val ys = Array.fill(n - 1)(0)
  for (i <- 0 until pos) ys(i) = xs(i)

```



```

for (i <- pos+1 until n) ys(i - 1) = xs(i)
ys
}

```

### Uppgift 10.

a)

**Indata** : En sekvens  $xs$  av typen `Array[Int]` och  $pos$   
**Resultat**: En uppdaterad sekvens av  $xs$  där elementet på plats  $pos$  tagits bort och efterföljande element flyttas ett steg mot lägre index med ett sista elementet som är 0

```

1  $n \leftarrow$  antalet element  $xs$ 
2 for  $i \leftarrow pos + 1$  to  $n - 1$  do
3   |  $xs(i - 1) \leftarrow xs(i)$ 
4 end
5  $xs(n - 1) \leftarrow 0$ 

```

b)

```

def remove(xs: Array[Int], pos: Int): Unit = {
  val n = xs.size
  for (i <- pos+1 until n) xs(i - 1) = xs(i)
  xs(n-1) = 0
}

```

### Uppgift 11.

a) Antingen kan du skapa en ny instans av `java.util.Random` genom att skriva: **val** r1 = **new** java.util.Random. Men om `java.util.Random` importeras kan "java.util" skippas och istället skrivs: **val** r2 = **new** Random. Som valfritt argument kan ett slumptalsfrö av typen `Long` skickas med när en ny instans skapas, e.g. **val** r3 = **new** Random(42L). `nextInt(x)` skapar ett slumptal från och med 0, upp till x (exklusive x).

b)

```

1 import java.util.Random // Importerar Random
2
3 frö: Long = 42 // Ett slumptalsfrö av värdet 42L skapas.
4
5 // Skapar ett Random objekt med slumptalsfrö "frö".
6 rnd: java.util.Random = java.util.Random@2f410acf
7
8 res0: Int = 7 // Slumpade fram ett tal från 0 till och med 9.
9
10 9 8 8 8 9 7 2 1 4 0 0 3 8 8 4 5 9 1 3 3 5 1 1
11 3 3 3 6 3 4 7 5 7 8 7 6 9 7 0 3 0 6 6 1 0 8 1
12 1 1 0 5 3 5 1 5 3 5 9 9 5 1 8 9 0 6 4 7 5 7 9
13 6 4 0 8 1 0 9 6 6 3 2 7 9 2 7 0 6 9 8 5 0 0 8
14 9 2 7 7 3 5 1 3 // Slumpar och skriver ut 100 tal från 0 till och med 9.
15

```

```

16 // Skapar ett Random objekt med slumpvalsfrö "frö".
17 rnd1: java.util.Random = java.util.Random@31e4bb20
18
19 // Skapar ett Random objekt med slumpvalsfrö "frö".
20 rnd2: java.util.Random = java.util.Random@45e37a7e
21
22 // Skapar ett Random objekt med slumpvalsfrö med
23 // värdet av vad tiden är just nu i nanosekunder.
24 rnd3: java.util.Random = java.util.Random@57eda880
25
26 // Skapar ett Random objekt med slumpvalsfrö
27 // med värdet (math.random * Long.MaxValue).toLong.
28 rnd4: java.util.Random = java.util.Random@79da1ec0
29
30 flip: (r: java.util.Random)String // Skapar en funktion som singlar slant.
31
32 // Singlar slant med alla fyra Random
33 // objekt 100 gånger samt printar ut resultatet.
34 xs: scala.collection.immutable.IndexedSeq[(String, String, String, String)] =
35 Vector((krona,krona,krona,klave), (klave,klave,krona,krona), (krona,krona,klave,klave),
36 (klave,klave,krona,klave), (klave,klave,krona,krona), (krona,krona,klave,krona),
37 (klave,klave,klave,klave), (krona,krona,klave,krona), (krona,krona,klave,krona),
38 (klave,klave,krona,klave), (krona,krona,krona,klave), (klave,klave,krona,klave),
39 (klave,klave,krona,krona), (klave,klave,klave,krona), (klave,klave,klave,krona),
40 (krona,krona,klave,klave), (klave,klave,klave,klave), (krona,krona,klave,krona),
41 (krona,krona,klave,klave), (krona,krona,klave,klave), (krona,krona,klave,krona),
42 (klave,klave,klave,klave), (klave,klave,krona,krona), (klave,klave,klave,klave),
43 (krona,krona,krona,krona), (krona,krona,krona,klave)...
44
45 // Kollar om det finns något värde som rnd1
46 // har genererat men som inte rnd2 genererat.
47 res1: Boolean = false
48
49 // Kollar om det finns något värde som rnd1
50 // har genererat men som inte rnd3 genererat.
51 res2: Boolean = true

```

c) Vid felsökning och vid simulering där man vill att samma "slumpmässiga" sekvens uppstår varenda gång.

d) Ja.

e) <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/Math.html#random%28%29> - säger att den skapar ett nytt java.util.Random-objekt.

f) Den skapar ett slumpmässigt slumpvalsfrö. För mer information, se: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/util/Random.html#Random->

### Uppgift 12.

```

def testRandom(r: Random, n: Int): Unit = {
  val xs = Array.fill(n)(r.nextInt(6) + 1)
  val f = tärningsRegistrering(xs)
  println("Antal kast: " + f(0))
  for (i <- 1 to 6) println(s"Antal $i:or: " + f(i))
}

```

**Uppgift 13.**

a) -

b)

```

1 Rolling the dice 10000 times with seed 42
2 Number of 1's: 1654
3 Number of 2's: 1715
4 Number of 3's: 1677
5 Number of 4's: 1629
6 Number of 5's: 1643
7 Number of 6's: 1682

```

Simulerar 10000 tärningskast (med slumpfrasfrö 42) och skriver ut förekomsten av respektive tärningskast.

c) Array i scala deklareras: **val** scalaArray = Array.ofDim[Int](6) medan i java skrivs: `int[] javaArray = new int[6];` **for**-sats i scala skrivs: **for**(i <- 0 to n) medan i java skrivs: **for** (int i = 0; i < n; i++). I java måste semicolon skrivas efter varje operation samt att typen måste explicit definieras vid variabeldeklaration. I scala behövs inga semicolon (förutom för att separera operationer på samma rad) och scala bestämmer typen implicit, alltså att kompilatorn "gissar" typen av variabeln som deklareras.

d) Lägg till `System.out.println(i);` i for-looparna

e)

```

// DiceReg2.java
import java.util.Random;
public class DiceReg2{
    public static int[] diceReg = new int[6];
    private static Random rnd = new Random();

    public static int parseArguments(String[] args){
        int n = 100;
        if(args.length > 0) {
            n = Integer.parseInt(args[0]);
        }
        if(args.length > 1) {
            int seed = Integer.parseInt(args[1]);
            rnd.setSeed(seed);
        }
        return n;
    }

    public static void registerPips(int n) {
        for(int i = 0; i<n; i++) {
            int pips = rnd.nextInt(6);

```

```

        diceReg[pips]++;
    }
}

public static void main(String[] args) {
    int n = parseArguments(args);
    registerPips(n);
    printReg();
}
}

```

f)

```

1 // Skriver ut förekomsten av 1000 tärningskast med slumpvalsfrö 42.
2 Number of 1's: 165
3 Number of 2's: 163
4 Number of 3's: 178
5 Number of 4's: 183
6 Number of 5's: 156
7 Number of 6's: 155
8
9 // Skriver ut diceReg-attributet
10 res1: Array[Int] = Array(165, 163, 178, 183, 156, 155)
11
12 // Skriver ut diceReg-attributet efter 1000 till kast.
13 res2: Array[Int] = Array(329, 325, 349, 360, 324, 313)
14
15 // Skriver ut diceReg-attributet efter 1000 till kast.
16 res3: Array[Int] = Array(498, 484, 531, 513, 485, 489)
17
18 // Det blir runtime error då attributet rnd är
19 // private och kan inte nås via REPL:n.
20 <console>:11: error: value rnd is not a member of object DiceReg2
21   DiceReg2.rnd
22     ^

```

g)

```

1 value [diceReg/rnd] is not a member of object DiceReg2

```

h) Om man ska spara under någon data som man inte vill att användaren, eller någon annan, inte ska kunna komma åt. T.ex. om du gör en bankapp vill du inte att nyckeln som du använder för att autorizera en användare ska vara tillgänglig för då kan hackare använda det för att ta sig in på kontot och stjäla pengar!

### Uppgift 14.

a) `hasNextInt()` kollar enbart om det finns ett till tal och returnerar **true/false**. `nextInt()` "hoppar" till nästa tal och returnerar det. Se <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/Scanner.html#hasNextInt%28%29> och <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/Scanner.html#nextInt%28%29>

28%29.

- b) -
- c) -
- d)

```
import java.util.Random;
import java.util.Scanner;

public class DiceScanBuggy {
    public static int[] diceReg = new int[6];
    public static Scanner scan = new Scanner(System.in);

    public static void registerPips() {
        System.out.println("Enter pips separated by blanks: ");
        System.out.println("End with -1 and <Enter>.");
        boolean isPips = true;
        while(isPips && scan.hasNextInt()){
            int pips = scan.nextInt();
            if(pips >= 1 && pips <= 6) {
                diceReg[pips-1]++;
            } else {
                isPips = false;
            }
        }
    }

    public static void printReg(){
        for(int i = 1; i<7; i++) {
            System.out.println("Number of " + i + "'s: " + diceReg[i-1]);
        }
    }

    public static void main(String[] args) {
        registerPips();
        printReg();
    }
}
```

### Uppgift 15.

- a) ArrayBuffer.
- b) ArrayBuffer eller Array.
- c) Array.
- d) Vector.

## K.5.1 Extrauppgifter

### Uppgift 16.

a)

```
def insertCopy(xs: Array[Int], x: Int, pos: Int): Array[Int] = {
  val n = xs.size
  val ys = Array.ofDim[Int](n + 1)
  for (i <- 0 until pos) ys(i) = xs(i)
  ys(pos) = x
  for (i <- pos until n) ys(i + 1) = xs(i)
  ys
}
```

b) pos måste vara 0.

c)

```
1 java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: -1
```

d) Elementet  $x$  läggs till på slutet av arrayen, alltså kommer den returnerade arrayen vara större än den som skickades in.

e)

```
1 java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 5
```

Man får `ArrayIndexOutOfBoundsException` då indexeringen är utanför storleken hos arrayen.

### Uppgift 17.

a)

**Indata** : En sekvens  $xs$  av typen `Array[Int]` och heltalen  $x$  och  $pos$   
**Resultat**: En uppdaterad sekvens av  $xs$  där elementet  $x$  har satts in på platsen  $pos$  och efterföljande element flyttas ett steg där sista elementet försvinner

```
1  $n \leftarrow$  antalet element  $xs$ 
2  $ys \leftarrow$  en klon av  $xs$ 
3  $xs(pos) \leftarrow x$ 
4 for  $i \leftarrow pos + 1$  to  $n - 1$  do
5    $xs(i) \leftarrow ys(i - 1)$ 
6 end
```

b)

```
def insert(xs: Array[Int], x: Int, pos: Int): Unit = {
  val n = xs.size
  val ys = xs.clone
  xs(pos) = x
  for (i <- pos + 1 until n) xs(i) = ys(i - 1)
}
```

```
}
```

**Uppgift 18.**

```
def tärningsRegistrering(xs: Array[Int]): Array[Int] = {  
  val f = Array.fill(7)(0)  
  f(0) = xs.size  
  for(i <- 0 until f(0)) f(xs(i)) += 1  
  f  
}
```

## K.6 classes

### Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.



## K.7 traits

### Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.

## K.8 matching

### Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.

## K.9 matrices

### Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.

## K.10    sorting

### Uppgift 1.

- a)    42
- b)    Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a)    42
- b)    Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a)    42
- b)    Lösningstext.

## K.11 scalajava

### Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 2.

### Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

### Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.

## K.12 threads

### Uppgift 1.

- a) -
- b) `java.lang.IllegalThreadStateException`. Det går inte att starta en tråd mer än en gång. Tråden kan därför inte startas om när den redan har exekverats.
- c) När start anropas exekveras koden i run parallellt. Därför skrivs Gurka och Tomat ut omlöpande. Om istället run anropas direkt blir det inte jämnlopande exekvering och Gurka skrivs ut 100 gånger, sedan skrivs Tomat ut 100 gånger.
- d) `Thread.sleep` pausar inte tråden i exakt den tiden som angets. Alltså kommer det skrivas ut zzz snark hej! i de flesta fall, men det är inte garanterat.

### Uppgift 2.

- a) ofta tar ut - pausar - sätter in. Denna metod körs parallellt av bamse och skutt konstant och därför förändras saldot hela tiden. Utskriften visar på denna saldiförändring.

### Uppgift 3.

### Uppgift 4.

- a)
- b)
- c)
- d)

### Uppgift 5.

- a) -
- b) -
- c) `math.random` ger en `double` i intervallet `[0.0, 1.0)`, Tidsintervall för `delay` blir därför i medeltal 2.5 sekunder, max 3 sekunder, min 2 sekunder. Räkna med tiden det tar att fylla vektorn också!
- d)
- e)
- f) Laddar in datan parallellt så nedladdingen sker samtidigt, men det går olika snabbt pga metoden seg.
- g)
- h) Metoden `lycka` är väldefinierad och kastar därför inga undantag. Den skriver alltid ut `:`). Metoden `olycka` är inte väldefinierad då division med 0 ger `java.lang.ArithmeticException`. Detta fångas upp vid callbacken och

det skrivs ut : ( samt det specificerade undantaget.

**Uppgift 6.****Uppgift 7.**

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)

**Uppgift 8.****Uppgift 9.**

- a) abbasillen skrivs ut baklänges till nellisabba.
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)
- g)
- h)
- i)

**Uppgift 10.****Uppgift 11.****Uppgift 12.****Uppgift 13.**

- a)
- b)
- c)

**Uppgift 14.**

- a)
- b)
- c)
- d)





# **Appendix L**

## **Ordlista**