

Programmering, grundkurs

Kompendium

EDAA45, Lp1-2, HT 2016

Datavetenskap, LTH

Lunds Universitet

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

Editor: Björn Regnell

Contributors: Björn Regnell, ...

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

LICENCE: CC BY-SA 4.0

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

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

Copyright © Computer Science, LTH, Lund University. 2016. 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"/>
vectors	<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 inlämningsuppgiften 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
simplewindow
textfiles
cardgame
shapes
turtlerace-team
chords-team
maze
surveydata-team
scalajava-team
life
Inl.Uppg.

Inlämningsuppgift (välj en)

- () bank
- () mandelbrot
- () draw
- () 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 och i kursrepot 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

Framstegsprotokoll	3
Förord	5
I Om kursen	7
Kursens arkitektur	9
Anvisningar	13
Samarbetsgrupper	13
Föreläsningar	13
Övningar	13
Laborationer	13
Resurstider	13
Kontrollskrivning	13
Tentamen	13
Hur bidra till kursmaterialet?	15
II Moduler	17
1 Introduktion	19
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 Övning: expressions	24
1.9.1 Grunduppgifter	24
1.9.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna	31
1.9.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	31
1.10 Laboration: kojo	33
1.10.1 Obligatoriska uppgifter	33

1.10.2	Frivilliga extrauppgifter	39
2	Kodstrukturer	43
2.1	Övning: programs	44
2.1.1	Grunduppgifter	44
2.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	53
2.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	53
3	Funktioner, Objekt	55
3.1	Övning: functions	56
3.1.1	Grunduppgifter	56
3.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	60
3.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	60
3.2	Laboration: simplewindow	61
3.2.1	Obligatoriska uppgifter	61
3.2.2	Frivilliga extrauppgifter	61
4	Datastrukturer	63
4.1	Övning: data	64
4.1.1	Grunduppgifter	64
4.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	64
4.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	64
4.2	Laboration: textfiles	65
4.2.1	Obligatoriska uppgifter	65
4.2.2	Frivilliga extrauppgifter	65
5	Vektoralgoritmer	67
5.1	Övning: vectors	68
5.1.1	Grunduppgifter	68
5.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	68
5.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	68
5.2	Laboration: cardgame	69
5.2.1	Obligatoriska uppgifter	69
5.2.2	Frivilliga extrauppgifter	69
6	Klasser, Likhhet	71
6.1	Övning: classes	72
6.1.1	Grunduppgifter	72
6.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	72
6.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	72
6.2	Laboration: shapes	73
6.2.1	Obligatoriska uppgifter	73
6.2.2	Frivilliga extrauppgifter	73
7	Arv, Gränssnitt	75
7.1	Övning: traits	76
7.1.1	Grunduppgifter	76
7.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	76

7.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	76
7.2	Laboration: turtlerace-team	77
7.2.1	Obligatoriska uppgifter	77
7.2.2	Frivilliga extrauppgifter	77
8	Mönster, Undantag	79
8.1	Övning: matching	80
8.1.1	Grunduppgifter	80
8.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	80
8.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	80
8.2	Laboration: chords-team	81
8.2.1	Obligatoriska uppgifter	81
8.2.2	Frivilliga extrauppgifter	81
9	Matriser	83
9.1	Övning: matrices	84
9.1.1	Grunduppgifter	84
9.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	84
9.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	84
9.2	Laboration: maze	85
9.2.1	Obligatoriska uppgifter	85
9.2.2	Frivilliga extrauppgifter	85
10	Sökning, Sortering	87
10.1	Övning: sorting	88
10.1.1	Grunduppgifter	88
10.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	88
10.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	88
10.2	Laboration: surveydata-team	89
10.2.1	Obligatoriska uppgifter	89
10.2.2	Frivilliga extrauppgifter	89
11	Scala och Java	91
11.1	Övning: scalajava	92
11.1.1	Grunduppgifter	92
11.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	92
11.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	92
11.2	Laboration: scalajava-team	93
11.2.1	Obligatoriska uppgifter	93
11.2.2	Frivilliga extrauppgifter	93
12	Trådar, Web, Android	95
12.1	Övning: threads	96
12.1.1	Grunduppgifter	96
12.1.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	96
12.1.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	96
12.2	Laboration: life	97

12.2.1 Obligatoriska uppgifter	97
12.2.2 Frivilliga extrauppgifter	97
13 Design	99
14 Tentaträning	101
III Appendix	103
A Virtuellt maskin	105
A.1 Vad är en virtuellt maskin?	105
A.2 Installera kursens vm	105
A.3 Vad innehåller kursens vm?	106
B Terminalfönster och kommandoskal	107
B.1 Vad är ett terminalfönster?	107
B.2 Några viktiga terminalkommando	107
C Editera	109
C.1 Vad är en editor?	109
C.2 Välj editor	109
D Kompilera och exekvera	111
D.1 Vad är en kompilator?	111
D.2 Java JDK	111
D.2.1 Installera Java JDK	111
D.3 Scala	111
D.3.1 Installera Scala-kompilatorn	111
D.4 Read-Evaluate-Print-Loop (REPL)	111
D.4.1 Scala REPL	111
E Dokumentation	113
E.1 Vad gör ett dokumentationsverktyg?	113
E.2 scaladoc	113
E.3 javadoc	113
F Integrerad utvecklingsmiljö	115
F.1 Vad är en IDE?	115
F.2 Kojo	115
F.2.1 Installera Kojo	115
F.2.2 Använda Kojo	115
F.3 Eclipse och ScalaIDE	115
F.3.1 Installera Eclipse och ScalaIDE	115
F.3.2 Använda Eclipse och ScalaIDE	115

G Byggverktyg	117
G.1 Vad gör ett byggverktyg?	117
G.2 Byggverktyget sbt	117
G.2.1 Installera sbt	117
G.2.2 Använda sbt	117
H Versionshantering och kodlagring	119
H.1 Vad är versionshantering?	119
H.2 Versionshanteringsverktyget git	119
H.2.1 Installera git	119
H.2.2 Använda git	119
H.3 Vad är nyttan med en kodlagringsplats?	119
H.4 Kodlagringsplatsen GitHub	119
H.4.1 Installera klienten för GitHub	119
H.4.2 Använda GitHub	119
H.5 Kodlagringsplatsen Atlassian BitBucket	119
H.5.1 Installera SourceTree	119
H.5.2 Använda SourceTree	119
I Nyckelord	121
I.1 Vad är ett nyckelord ord?	121
J Lösningsförslag till övningar	123
J.1 expressions	124
J.1.1 Grunduppgifter	124
J.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna	124
J.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	124
J.2 programs	125
J.2.1 Grunduppgifter	125
J.2.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna	125
J.2.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	125
J.3 functions	126
J.3.1 Grunduppgifter	126
J.3.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna	126
J.3.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	126
J.4 data	127
J.4.1 Grunduppgifter	127
J.4.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna	127
J.4.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	127
J.5 vectors	128
J.5.1 Grunduppgifter	128
J.5.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna	128
J.5.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	128
J.6 classes	129
J.6.1 Grunduppgifter	129
J.6.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna	129
J.6.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	129

J.7	traits	130
J.7.1	Grunduppgifter	130
J.7.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	130
J.7.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	130
J.8	matching	131
J.8.1	Grunduppgifter	131
J.8.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	131
J.8.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	131
J.9	matrices	132
J.9.1	Grunduppgifter	132
J.9.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	132
J.9.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	132
J.10	sorting	133
J.10.1	Grunduppgifter	133
J.10.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	133
J.10.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	133
J.11	scalajava	134
J.11.1	Grunduppgifter	134
J.11.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	134
J.11.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	134
J.12	threads	135
J.12.1	Grunduppgifter	135
J.12.2	Extrauppgifter: öva mer på grunderna	135
J.12.3	Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå	135

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	simplewindow
W04	Datastrukturer	data	textfiles
W05	Vektoralgoritmer	vectors	cardgame
W06	Klasser, Likhet	classes	shapes
W07	Arv, Gränssnitt	traits	turtlerace-team
KS	KONTROLLSKRIVN.	–	–
W08	Mönster, Undantag	matching	chords-team
W09	Matriser	matrices	maze
W10	Sökning, Sortering	sorting	surveydata-team
W11	Scala och Java	scalajava	scalajava-team
W12	Trådar, Web, Android	threads	life
W13	Design	Uppsamling	Inl.Uppg.
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 förebereder dig inför laborationerna. När du klarat av laborationen i varje modul är du redo att gå vidare till efterkommande 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

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
- **Inlämningsuppgift:** **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

Anvisningar

Samarbetsgrupper

Samarbetskontrakt

Föreläsningar

Övningar

Laborationer

Resurstider

Kontrollskrivning

Tentamen

Hur bidra till kursmaterialet?

Del II

Moduler

Kapitel 1

Introduktion

- sekvens
- alternativ
- repetition
- abstraktion
- programmeringsspråk
- programmeringsparadigmer
- editera-kompilera-exekvera
- datorns delar
- virtuell maskin
- värde
- uttryck
- variabel
- typ
- tilldelning
- namn
- val
- var
- def
- if
- else
- true
- false
- MinValue
- MaxValue
- aritmetik
- slumpstal
- math.random
- logiska uttryck
- de Morgans lagar
- while-sats
- for-sats

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 Brunshög!



- sv.wikipedia.org/wiki/Programmering
- en.wikipedia.org/wiki/Computer_programming
- 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



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; 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 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 booelska uttryck och värdena **true** och **false**, samt kunna förenkla booelska 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 teorin i kapitel 1.
- Du behöver en dator med Scala installerad; se appendix D.

1.9.1 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 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 * 42` men byt ut `0`:an mot siffran efter `res` i utskriften från förra evalueringen. Vad har uttrycket för värde och typ?

```
scala> res2 * 42
```



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?

- a) 42
- b) 42L
- c) '*'
- d) "*"
- e) 42.0
- f) 42D
- g) 42d
- h) 42F
- i) 42f
- j) **true**
- k) **false**



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

```
scala> def p = { print("hej"); print("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?

- a) 1 + 41
- b) 1.0 + 41
- c) 42.toDouble
- d) (41 + 1).toDouble
- e) 1.042e42
- f) 42E6.toLong
- g) "gurk" + 'a'

- h) 'A'
- i) 'A'.toInt
- j) '0'.toInt
- k) '1'.toInt
- l) '9'.toInt
- m) ('A' + '0').toChar
- n) "?!%#".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) $42L + 2d$

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

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

Uppgift 9. *Heltalsdivision.* Vilket värde och vilken typ har följande uttryck?

- a) $42 / 2$
- b) $42 / 4$
- c) $42.0 / 4$
- d) $1 / 4$
- e) $1 \% 4$
- f) $2 \% 42$
- g) $42 \% 2$

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`.

```
scala> java.lang.Math.    //tryck TAB
scala> scala.math.       //tryck TAB
```


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

- 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. Booelska 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 = 42
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 = 42
2 scala> x + 1
3 scala> x
4 scala> x = x + 1
5 scala> x
6 scala> x == x + 1
7 scala> val y = 42
8 scala> y = y + 1
9 scala> var z = {println("gurka"); 42}
10 scala> def w = {println("gurka"); 42}
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`? 

Uppgift 16. *if-sats.* För varje rad nedan; förklara vad som händer.

```
scala> if (true) println("sant") else println("falskt")
scala> if (false) println("sant") else println("falskt")
scala> if (!true) println("sant") else println("falskt")
scala> if (!false) println("sant") else println("falskt")
scala> def kasta = if (math.random > 0.5) println("krona") else println("klave")
```

```
scala> kasta; kasta; kasta
```

Uppgift 17. if-uttryck. Deklarera följande variabler med nedan initialvärden:

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

Vad har följande uttryck för värden och typ?

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

Uppgift 18. for-sats.

- a) Vad ger nedan **for**-satser för utskrift?

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

- b) Skriv en **for**-sats som ger följande utskrift:

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

Uppgift 19. Repetition med foreach.

- a) Vad ger nedan satser för utskrifter?

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

```

- b) Använd `foreach` och skriv ut följande:

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


Uppgift 20. while-sats.

- a) Vad ger nedan satser för utskrifter?

```
scala> var i = 0
scala> while (i < 10) { println(i); i = i + 1 }
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 21. *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 *äkta* funktion (eng. *pure function*) i matematisk mening? 
- d) Anropa funktionen `math.random` upprepade gånger och notera vad som händer. Använd pil-upp-tangenten.

```
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 10) println(math.random)
```

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.

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

Uppgift 22. *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`

1.9.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 23. *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`.)

1.9.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 24. `Integer.toBinaryString`, `Integer.toHexString`

Uppgift 25. Typannoteringar.

Uppgift 26. `0x2a`

Uppgift 27. `i += 1; i *= 1; i /= 2`

Uppgift 28. `BigInt`, `BigDecimal`

Uppgift 29. Vad händer här?

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

Uppgift 30. 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 31. 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 32. 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.toBinaryString(Int.MaxValue + 1).size`

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

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

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

- a) Undersök källkoden för pakobjektet `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?

1.10 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 1.9.
- Läs 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 F.2.

1.10.1 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 F.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 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.

h) Rita en triangel med sidan 300 längdenheter genom att ge lämpliga argument till fram och höger. Vinklar anges i grader och ett helt varv motsvarar 360 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 att 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) Om du anropar sakta(0), hur många kvadratvarv hinner sköldpaddan rita på en sekund? Använd nedan program för att ta reda på ungefärligt antal varv per sekund.

```
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) Vad är fördelar och nackdelar med de olika sätten att loopa: upprepa, **while**, **for**, respektive foreach? Diskutera dina svar med en handledare.

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. 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 proceduren `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? 
- 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 formattering av koden med hjälp av lämpligt editor-kortkommando. Notera skillnaderna. Vilket autoformatteringsprogram gör programmet lättare att läsa? Vilka manuella formatteringsåtgärder 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) Lägg till nedan kod i början av programmet och gör så att när man trycker på tangenten G så sätter man omväxlande på och av rutnätet.

```
var isGridOn = false
```

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

- ✓ 👁 d) 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. Visa din lösning för en handledare.

1.10.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 6. *Tidmätning.* Hur snabb är din dator?

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

```
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 rundor i while-loopen i föregående uppgift? (Det kan hända att din dator kan variera centralprocessorns klockfrekvens. Prova både medan du kör tidmätningen i Kojo och då

¹Det 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 MHz.

www.extremetech.com/computing/185512-overclocking-intels-core-i7-4790k-can-devils-canyon-fix-haswells-low-clock-speeds/2

din dator ”vilar”. Vad är det för poäng med att en processor kan variera sin klockfrekvens?)

```
> lscpu | grep MHz
```

c) Ändra i koden i uppgift a) så att **while**-loopen bara kör 5 gånger. Kör programmet med den *gula* play-kappen. 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 7. 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.

```
scala> val c = new java.awt.Color(124,10,78,100)
c: java.awt.Color = java.awt.Color[r=124,g=10,b=78]

scala> c. // tryck på TAB
asInstanceOf   getColorComponents  getRGBComponents
brighter       getColorSpace    getRed
createContext  getComponents         getTransparency
darker         getGreen              isInstanceOf
getAlpha       getRGB                  toString
getBlue       getRGBColorComponents
```



```
scala> c.getAlpha
res3: Int = 100
```



Uppgift 8. Ladda ner dessa pdf-kompendier och gör några uppgifter som du tycker verkar intressanta:

- "Uppdrag med Kojo" som kan laddas ner här:
fileadmin.cs.lth.se/cs/Personal/Bjorn_Regnell/uppdrag.pdf
- "Programming Fundamentals with Kojo" som kan laddas ner här:
wiki.kogics.net/kojo-codeactive-books

Kapitel 2

Kodstrukturer

- Range
- Array
- Vector
- for-uttryck
- map
- foreach
- algoritm vs implementation
- pseudokod
- algoritm: SWAP
- algoritm: SUM
- algoritm: MIN/MAX
- block
- namnsynlighet
- namnöverskuggning
- lokala variabler
- paket
- import
- filstruktur
- jar
- dokumentation
- programlayout
- JDK

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 teorin i kapitel 2.
- Bekanta dig med grundläggande terminalkommandon; se appendix B.
- Bekanta dig med den editor du vill använda; se appendix C.

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(x(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`

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).includice) 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("pang!"))`

Uppgift 7. Algoritmen: SWAP.

- a) Beskriv i pseudo-kod algoritmen SWAP:
Indata: två heltalsvariabler *x* och *y*

???

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

- b) Ersätt ??? nedan med satser separerade av semikolon som implementerar algoritmen SWAP.

```
scala> var (x, y) = (42, 43)
scala> ???
scala> println("x är " + x + ", y är " + y)
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.

```
> scala hello-script.scala
hej skript
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.

```
> scala hello-script.scala 5001
hej skript
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    $sum \leftarrow sum + i$ 
5 end
6 skriv ut  $sum$ 
```



a) Det finns en bugg i algoritmen. Vilken? Rätta buggen.

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 deklarera 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 deklareras 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) Det finns en bugg i algoritmen ovan. Vilken? Rätta buggen.

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

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

```
> gedit maxn.scala
> scalac maxn.scala
> scala maxn 7 42 1 -5 9
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)}`
-

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

- l) Vad är fördelen med att deklarationer inne i ett block är lokala?

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

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

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

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

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 {
      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
  }
}
```

```
> gedit paket.scala
> scalac paket.scala
> scala gurka.tomat.banan.Main
> ls -R
```

Uppgift 15. Skapa jar-filer och använda classpath

- a) 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?
- b) 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.

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

Uppgift 16. Skapa dokumentation med scaladoc-kommandot

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

```
> scaladoc paket.scala
> ls
> 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 paketdokumentationskommentar p2 */
package p2 {
  /** min paketdokumentationskommentar 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)
    }
  }
}
```

```
> gedit paket.scala
> scalac paket.scala
> jar cvf mittpaket.jar gurka
> scala -cp mittpaket.jar
scala> gurka.tomat.banan.p2.p21.hello.date
scala> :q
> scaladoc paket.scala
> firefox index.html
```

2.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

2.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 17. ArrayBuffer vs Vector vs Array och metoden append

Uppgift 18. Läs om krullparenteser och vanliga parenteser på stack overflow: [what-is-the-formal-difference-in-scala-between-braces-and-parentheses-and-when](#)

Uppgift 19. Bygg vidare på koden nedan och gör ett Sten-Sax-Påse-spel² 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
    }
  }
}
```

²sv.wikipedia.org/wiki/Sten,_sax,_p%C3%A5se

```
}  
}
```

Kapitel 3

Funktioner, Objekt

- parameter
- returtyp
- värdeandrop
- namnanrop
- default-argument
- namngivna argument
- aktiveringspost
- rekursion
- basfall
- anropsstacken
- objektheapen
- äkta funktioner
- objekt
- modul
- punktnotation
- lazy val
- apply
- objektorientering
- klasser
- tillstånd
- attribut
- konstanter vs föränderlighet
- referensvariabler vs enkla värden
- referenstilldelning
- scala.Any
- scala.AnyVal
- scala.AnyRef
- java.lang.Object java.util.Random
- cslib.window.SimpleWindow

3.1 Övning: functions

Mål

-

Förberedelser

-

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.

```
scala> ??? // definiera funktionen öka
scala> öka(42)
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?

- a) diff(0, 100)
- b) diff(100, add(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-värden.* Förklara vad som händer här?

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

```
scala> inc(42, 1)
scala> inc(42)
```

Uppgift 4. Funktionsanrop med namngivna argument.

```
scala> def skrivNamn(förnamn: String, efternamn: String) =
  println("Namn: " + efternamn + ", " + förnamn)
scala> skrivNamn("Kim", "Robinson")
scala> skrivNamn(förnamn = "Viktor", efternamn = "Oval")
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?

- 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 ngt 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. 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?



```
scala> def räkna(x: Int, f: Int => Int) = f(x,y)
scala> def dubbla(x: Int, y: Int) = 2 * x
scala> def halva(x: Int, y: Int) = x / 2
scala> val d = räkna(42, dubbla)
scala> val h = räkna(42, halva)
```

Uppgift 8. Objekt som moduler. Ett objekt kan samla användbara funktioner och variabler. Ett objekt som kapslar in användbara koddelar kallas en **modul**. Moduler kan i sin tur innehålla moduler. Man kommer åt innehållet i en modul med punktnotation. Deklarera modulen nedan i Scala 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 stringstatTest {
  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
  }
}
```



```
}
}
```

- Anropa `stringstatTest()` och förklara vad som händer. Vad skrivs ut?
- Vilket av objekten i modulen `stringstat` har tillstånd vilket är tillståndslöst? Vad består tillståndet av?

Uppgift 9. Äkta funktioner. En **äkta funktion** ger alltid samma resultat med samma argument. Vilka funktioner i objektet `findPurity` nedan är äkta funktioner? Anropa de funktioner som inte är äkta i REPL och visa att de kan ge olika resultat för samma argument.

```
object findPurity {
  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
}
```

Uppgift 10. Föränderlighet och oföränderlighet.

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

```
println("\n--- Example 1: mutable value assignment")
var x1 = 42
var y1 = x1
x1 = x1 + 42
println(x1)
println(y1)
```

- Innan du kör nedan kod: Försök lista ut vad som kommer 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 = 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 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 = 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 objekt?



3.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 11.

3.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 12.

3.2 Laboration: simplewindow

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

3.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- En underuppgift.
- En underuppgift.

3.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- En underuppgift.
- En underuppgift.

Kapitel 4

Datastrukturer

- tupler
- case-klasser
- case-object
- enum i java ???
- Array
- Map
- List
- Vector
- Set
- föränderlighet
- iterering
- flatten
- flatMap
- vektorer i Java vs Scala
- Complex
- Rational
- läsa/skriva textfiler
- Source.fromFile
- java.nio.file

4.1 Övning: data

Mål

-

Förberedelser

-

4.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

4.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

4.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

4.2 Laboration: textfiles

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

4.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

4.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

Kapitel 5

Vektoralgoritmer

- vektoralgoritmer
- algoritm: VECTOR-MIN/MAX
- strängar
- algoritm: VECTOR-REGISTER
- `java.lang.System.out.println`
- `java.util.Scanner`

5.1 Övning: vectors

Mål

-

Förberedelser

-

5.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

5.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

5.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

5.2 Laboration: cardgame

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

5.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- En underuppgift.
- En underuppgift.

5.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- En underuppgift.
- En underuppgift.

Kapitel 6

Klasser, Likhet

- klasser
- klassparameter
- primär konstruktor
- alternativa konstruktörer
- referenslikhet
- strukturelikhet
- eq vs ==
- compareTo
- Shape
- Point
- Rectangle

6.1 Övning: classes

Mål

-

Förberedelser

-

6.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

6.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

6.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

6.2 Laboration: shapes

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

6.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- En underuppgift.
- En underuppgift.

6.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- En underuppgift.
- En underuppgift.

Kapitel 7

Arv, Gränssnitt

- klasser
- arv
- polymorfism
- likhet
- equals
- accessregler
- private
- public
- protected
- private[this]
- trait
- inmixning
- Any
- AnyVal
- AnyRef
- Nothing

7.1 Övning: traits

Mål

-

Förberedelser

-

7.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

7.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

7.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

7.2 Laboration: turtlerace-team

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

7.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

7.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

Kapitel 8

Mönster, Undantag

- match
- Option
- null
- try
- catch
- Try
- unapply

8.1 Övning: matching

Mål

-

Förberedelser

-

8.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

8.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

8.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

8.2 Laboration: chords - team

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

8.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

8.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

Kapitel 9

Matriser

- matriser
- nästlade for-satser
- designexempel: Tre-i-rad
- matriser i Java vs Scala

9.1 Övning: matrices

Mål

-

Förberedelser

-

9.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

9.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

9.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

9.2 Laboration: maze

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

9.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

9.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

Kapitel 10

Sökning, Sortering

- algoritm: LINEAR-SEARCH
- algoritm: BINARY-SEARCH
- algoritmisk komplexitet
- sortering till ny vektor
- sortering på plats
- algoritm: INSERTION-SORT
- algoritm: SELECTION-SORT

10.1 Övning: sorting

Mål

-

Förberedelser

-

10.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

10.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

10.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

10.2 Laboration: surveydata-team

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

- skillnader mellan Scala och Java
- for-sats i Java
- java for-each i Java
- `ArrayList<Integer>`
- `scala.collection.JavaConversions`
- autoboxing i Java
- primitiva typer i Java
- wrapperklasser i Java

11.1 Övning: scalajava

Mål

-

Förberedelser

-

11.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

11.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

11.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

11.2 Laboration: scalajava-team

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

11.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

11.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- a) En underuppgift.
- b) En underuppgift.

Kapitel 12

Trådar, Web, Android

- Thread
- Future
- HTML
- Javascript
- css
- Scala.js
- Android

12.1 Övning: threads

Mål

-

Förberedelser

-

12.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

a)

12.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

12.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

12.2 Laboration: life

Mål

- Att lära sig.

Förberedelser

- Att göra.

12.2.1 Obligatoriska uppgifter

Uppgift 1. En labbuppgiftsbeskrivning.

- En underuppgift.
- En underuppgift.

12.2.2 Frivilliga extrauppgifter

Uppgift 2. En labbuppgiftsbeskrivning.

- En underuppgift.
- En underuppgift.

Kapitel 13

Design

-

Kapitel 14

Tentaträning

-

Del III

Appendix

Appendix A

Virtuell maskin

A.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.

A.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!

A.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 B

Terminalfönster och kommandoskal

B.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.

B.2 Några viktiga terminalkommando

Tipsa om ss64.com

Appendix C

Editera

C.1 Vad är en editor?

C.2 Välj editor

Appendix D

Kompilera och exekvera

D.1 Vad är en kompilator?

D.2 Java JDK

D.2.1 Installera Java JDK

D.3 Scala

D.3.1 Installera Scala-kompilatorn

D.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 effekte. En sådan tolk kallas Read-Evaluate-Print-Loop eftersom den läser en rad i taget och översätter till maskinkod som körs direkt.

D.4.1 Scala REPL

Kommandon i REPL

`:paste`

Kortkommandon: Ctrl+K etc.

Appendix E

Dokumentation

E.1 Vad gör ett dokumentationsverktyg?

E.2 scaladoc

E.3 javadoc

Appendix F

Integrerad utvecklingsmiljö

F.1 Vad är en IDE?

F.2 Kojo

F.2.1 Installera Kojo

www.kogics.net/kojo-download

F.2.2 Använda Kojo

Tabell F.1: Några av sköldpaddans funktioner. Se även 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/

F.3 Eclipse och ScalaIDE

F.3.1 Installera Eclipse och ScalaIDE

F.3.2 Använda Eclipse och ScalaIDE

Appendix G

Byggverktyg

G.1 Vad gör ett byggverktyg?

G.2 Byggverktyget sbt

G.2.1 Installera sbt

G.2.2 Använda sbt

Appendix H

Versionshantering och kodlagring

H.1 Vad är versionshantering?

H.2 Versionshanteringsverktyget git

H.2.1 Installera git

H.2.2 Använda git

H.3 Vad är nyttan med en kodlagringsplats?

H.4 Kodlagringsplatsen GitHub

H.4.1 Installera klienten för GitHub

H.4.2 Använda GitHub

H.5 Kodlagringsplatsen Atlassian BitBucket

H.5.1 Installera SourceTree

H.5.2 Använda SourceTree

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*¹. 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*.

Nyckelord i Scala

abstract	case	catch	class	def
do	else	extends	false	final
finally	for	forSome	if	implicit
import	lazy	macro	match	new
null	object	override	package	private
protected	return	sealed	super	this
throw	trait	try	true	type
val	var	while	with	yield
_	:	=	=>	<-
			<:	<%
			>:	#
				@

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
assert	***	default	goto	*
boolean	do	if	private	this
			package	synchronized

¹Läs mer här: en.wikipedia.org/wiki/Reserved_word

```
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

Lösningsförslag till övningar

J.1 expressions

J.1.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.1.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.1.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.2 programs

J.2.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

Uppgift 2.

J.2.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.2.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 4.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.3 functions

J.3.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.3.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.3.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.4 data

J.4.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.4.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.4.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.5 vectors

J.5.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.5.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.5.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.6 classes

J.6.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.6.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.6.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.7 traits

J.7.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.7.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.7.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.8 matching

J.8.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.8.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.8.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.9 matrices

J.9.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.9.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.9.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.10 sorting

J.10.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.10.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.10.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.11 `scalajava`

J.11.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.11.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.11.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.12 threads

J.12.1 Grunduppgifter

Uppgift 1.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.12.2 Extrauppgifter: öva mer på grunderna

Uppgift 2.

- a) 42
- b) Lösningstext.

J.12.3 Fördjupningsuppgifter: avancerad nivå

Uppgift 3.

- a) 42
- b) Lösningstext.

Appendix K

Ordlista