Dagens tema:

- Kompilatorens struktur
  - Oppbyggingen
  - Pakker i Java
  - Enum-klasser i Java
- De ulike modulene
- Prosjektet
  - Hva skal **del-0** gjøre?
  - Feilmeldinger
  - Testutskrifter
  - Siste råd og påbud

Prosjektet

Hvordan skriver man et større program som en kompilator?

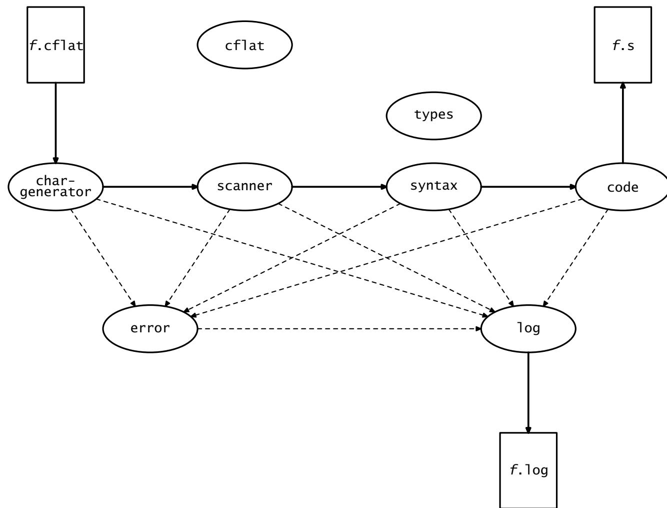
Struktur

Det bør deles opp i passe store deler.

Hvordan bør et program deles opp?

Ofte er det fornuftig å se på hvor data flyter.

Oppdeling av programmer



Noen programmeringsspråk har mekanismer for store moduler – men langt fra alle. Java har package.

Begrunnelse

Anta at vi skal utvikle et CAD-system. Et firma i India har laget en god GUI-modul.
Men, begge har en klasse Point.

Moduler kan løse dette problemet.

Alle filene som skal inngå i en Java-pakke starter med «package *navn*».

Pakkenavn bør bestå av opphavsstedets internettadresse (baklengs) og et lokalt navn. Vårt kompilatorprosjekt heter

no.uio.ifi.cflat

Eksempel

P1/A.java

```
package P1;

public class A {
    public static int x = 1;
}
```

(Under kompileringen må klassen ligge i et fil-tre som tilsvarer leddene i pakkenavnet; våre filer ligger i

no/uio/ifi/cflat/scanner/Scanner.java

og tilsvarende.)

Vi kan hente klasser fra alle pakker så lenge de finnes i CLASSPATH:

B.java

```
class B {
    public static void main (String arg[]) {
        System.out.println("P1.A.x = " + P1.A.x);
    }
}
```

P1/A.java

```
package P1;

public class A {
    public static int x = 1;
}
```

Ifis standard CLASSPATH er:

```
$ printenv CLASSPATH
/local/opt/java/classes:
  /local/opt/java/classes/postgresql-8.3-603.jdbc4.jar:
  /hom/dag/java/classes:
  .
```

Beskyttelse

Klasser kan beskyttes:

—	er usynlig utenfor pakken.
public	kan brukes fra andre pakker.

For klasseelementer gjelder:

private	er bare tilgjengelige i klassen.
protected	er for klassen og subklasser.
—	er bare for bruk innen pakken.
public	kan benyttes overalt.

For å unngå å skrive mange lange navn som no.uio.ifi.cflat.Cflat.version, kan vi importere klasser fra pakker:

B.java

```
import P1.A;

class B {
    public static void main (String arg[]) {
        System.out.println("P1.A.x = " + A.x);
    }
}
```

P1/A.java

```
package P1;

public class A {
    public static int x = 1;
}
```

Vi kan også importere alle klassene fra en pakke:

B.java

```
import P1.*;

class B {
    public static void main (String arg[]) {
        System.out.println("P1.A.x = " + A.x);
    }
}
```

P1/A.java

```
package P1;

public class A {
    public static int x = 1;
}
```

En siste mulighet er å importere *statiske* deklarasjoner i en klasse:

B.java

```
import static P1.A.*;

class B {
    public static void main (String arg[]) {
        System.out.println("P1.A.x = " + x);
    }
}
```

P1/A.java

```
package P1;

public class A {
    public static int x = 1;
}
```

Hva kan en pakke inneholde?

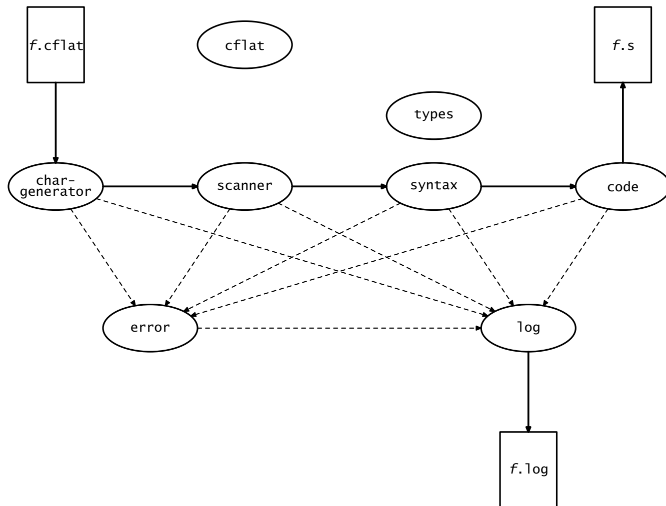
En Java-pakke kan bare inneholde klasser.

Vi trenger også data og metoder og vedtar derfor for prosjektet vårt:

- I alle pakker finnes en klasse med samme navn som pakken (men stor forbokstav); den inneholder data og metoder vi trenger, og alle er static.
- Alle disse klassene har disse to metodene:

  init benyttes til initiering av pakken.
  finish avslutter pakken.

Våre pakker



Hovedprogrammet cflat

```
package no.uio.ifi.cflat.cflat;

import java.io.*;
import no.uio.ifi.cflat.chargenerator.CharGenerator;
import no.uio.ifi.cflat.code.Code;
import no.uio.ifi.cflat.error.Error;
import no.uio.ifi.cflat.log.Log;
import no.uio.ifi.cflat.scanner.Scanner;
import static no.uio.ifi.cflat.scanner.Token.*;
import no.uio.ifi.cflat.syntax.Syntax;
import no.uio.ifi.cflat.types.Types;
```

```
public class Cflat {
    public static final String version = "2012-08-16";

    public static String sourceName = null,  // Source file name
        sourceBaseName = null;               // Source file name without extension
    public static boolean noLink = false;    // Should we drop linking?
    public static String myOS;               // The current operating system

    public static void main(String[] args) {
        boolean testParser = false, testScanner = false;

        myOS = System.getProperty("os.name");
```

```
for (String opt: args) {
    if (opt.equals("-c")) {
        noLink = true;
    } else if (opt.equals("-logB")) {
        Log.doLogBinding = true;
    } else if (opt.equals("-logP")) {
        Log.doLogParser = true;
    } else if (opt.equals("-logS")) {
        Log.doLogScanner = true;
    } else if (opt.equals("-logT")) {
        Log.doLogTree = true;
    } else if (opt.equals("-testparser")) {
        testParser = true;
        Log.doLogParser = Log.doLogTree = true;
    } else if (opt.equals("-testscanner")) {
        testScanner = true;
        Log.doLogScanner = true;
    } else if (opt.startsWith("-")) {
        Error.giveUsage();
    } else {
        if (sourceName != null) Error.giveUsage();
        sourceName = sourceBaseName = opt;
        if (opt.endsWith(".cb"))
            sourceBaseName = opt.substring(0,opt.length()-3);
        else if (opt.endsWith(".cflat"))
            sourceBaseName = opt.substring(0,opt.length()-6);
    }
}
if (sourceName == null) Error.giveUsage();
```

```
        System.out.println("This is the Cb compiler (version " + version +
                           " on " + myOS + ")");
        Error.init();  Log.init();  Code.init();  Types.init();
        CharGenerator.init();  Scanner.init();  Syntax.init();

        if (testScanner) {
            System.out.print("Scanning...");
            while (Scanner.nextNextToken != eofToken)
                Scanner.readNext();
        } else {
            System.out.print("Parsing...");  Syntax.parseProgram();
            if (Log.doLogTree) {
                System.out.print(" printing...");  Syntax.printProgram();
            }
            if (! testParser) {
                System.out.print(" checking...");  Syntax.checkProgram();
                System.out.print(" generating code...");  Syntax.genCode();
            }
        }
        System.out.println(" OK");

        Syntax.finish();  Scanner.finish();  CharGenerator.finish();
        Types.finish();  Code.finish();  Log.finish();  Error.finish();

        if (! testScanner && ! testParser) assembleCode();
    }
```

Skanner

En kompilator *kan* lese og tolke en program tegn for tegn, men det er mye lettere om det kan gjøres *symbol for symbol*. Dette ordner en **skanner**.

chargenerator leser programkoden linje for linje, fjerner #-kommentarlinjer og deler de andre linjene opp i enkelt-tegn.

scanner fjerner /*. . . */-kommentarer og setter tegnene sammen til symboler.

```
/* Program som leser et tall v
   og skriver ut v+1. */

# Hovedprogrammet:
int main ()
{
   int v;

   /* Les data: */
   v = getint() + 1;
   /* Skriv svaret: */
   putint(v);   putchar(10);
}
```

har disse symbolene:

`int` `main` `(` `)` `{` `int` `v` `;` `v` `=` `getint` `(` `)` `+`
`1` `;` `putint` `(` `v` `)` `;` `putchar` `(` `10` `)` `;` `}`

Enum-klasser

Noen ganger har man diskrete data som kun kan ha et begrenset antall fast definerte verdier:

Kortfarge Kløver, ruter, hjerter, spar

Tippetegn Hjemmeseier, uavgjort, borteseier

Ukedag Mandag, tirsdag, onsdag, torsdag, fredag, lørdag, søndag

Å representere disse med heltall er en halvgod løsning.

Java tilbyr **enum-klasser**:

Tippetegn.java

```
enum Tippetegn {
    Hjemmeseier, Uavgjort, Borteseier;
}
```

Dette er **syntaktisk sukker** for noe à la

Tippetegn.java

```
class Tippetegn extends java.lang.Enum {
    public static final Tippetegn
        Hjemmeseier = new Tippetegn(),
        Uavgjort = new Tippetegn(),
        Borteseier = new Tippetegn();
}
```

Slik brukes denne klassen:

Tipping.java

```
class Tipping {
    public static void main (String arg[]) {
        Tippetegn rekke[] = new Tippetegn[12+1];

        rekke[1] = Tippetegn.Hjemmeseier;
        rekke[2] = Tippetegn.Borteseier;
        rekke[3] = Tippetegn.Borteseier;

        for (int i = 1;  i <= 3;  ++i)
            System.out.print(rekke[i]+" ");
        System.out.println();
    }
}
```

```
> java Tipping
Hjemmeseier Borteseier Borteseier
```

Hva kan vi gjøre med enum-klasser?

- Tilordne verdier («rekke[i] = Tippetegn.Uavgjort»)
- Sjekke på likhet og ulikhet («rekke[1] == Tippetegn.Borteseier»)
- Skrive ut objektet («System.out.println(rekke[1])» som er det samme som «System.out.println(rekke[1].toString())»)

I vår skanner

Vår skanner kan levere følgende **token**:

```
package no.uio.ifi.cflat.scanner;


public enum Token {
    addToken, assignToken,
    commaToken,
    divideToken, doubleToken,
    elseToken, eofToken, equalToken,
    forToken,
    greaterEqualToken, greaterToken,
    ifToken, intToken,
    leftBracketToken, leftCurlToken, leftParToken, lessEqualToken, lessToken,
    multiplyToken,
    nameToken, notEqualToken, numberToken,
    rightBracketToken, rightCurlToken, rightParToken, returnToken,
    semicolonToken, subtractToken,
    whileToken;

    public static boolean isTypeName(Token t) {
        //-- Must be changed in part 0:
        return false;
    }
}
```

Modulen scanner

Symbolene leses inn i curToken, nextToken og nextNextToken (samt i curName, curNumber, nextName, nextNumber, nextNextName og nextNextNumber).

```
package no.uio.ifi.cflat.scanner;

import no.uio.ifi.cflat.chargenerator.CharGenerator;
import no.uio.ifi.cflat.error.Error;
import no.uio.ifi.cflat.log.Log;
import static no.uio.ifi.cflat.scanner.Token.*;
public class Scanner {
    public static Token curToken, nextToken, nextNextToken;
    public static String curName, nextName, nextNextName;
    public static int curNum, nextNum, nextNextNum;
    public static int curLine, nextLine, nextNextLine;

    public static void init() {
        //-- Must be changed in part 0:
    }

    public static void finish() {
        //-- Must be changed in part 0:
    }
```

Lesingen skjer med readNext-metoden:

```
public static void readNext() {
    curToken = nextToken;  nextToken = nextNextToken;
    curName = nextName;  nextName = nextNextName;
    curNum = nextNum;  nextNum = nextNextNum;
    curLine = nextLine;  nextLine = nextNextLine;

    nextNextToken = null;
    while (nextNextToken == null) {
        nextNextLine = CharGenerator.curLineNum();

        if (! CharGenerator.isMoreToRead()) {
            nextNextToken = eofToken;
        } else
        //-- Must be changed in part 0:
        {
            Error.error(nextNextLine,
                        "Illegal symbol: '" + CharGenerator.curC + "'!");
        }
    }
```

Modulen chargenerator

```
package no.uio.ifi.cflat.chargenerator;


import java.io.*;
import no.uio.ifi.cflat.cflat.Cflat;
import no.uio.ifi.cflat.error.Error;
import no.uio.ifi.cflat.log.Log;

public class CharGenerator {
    public static char curC, nextC;

    private static LineNumberReader sourceFile = null;
    private static String sourceLine;
    private static int sourcePos;
```

```
public static void init() {
    try {
        sourceFile = new LineNumberReader(new FileReader(Cflat.sourceName));
    } catch (FileNotFoundException e) {
        Error.error("Cannot read " + Cflat.sourceName + "!");
    }
    sourceLine = "";  sourcePos = 0;  curC = nextC = ' ';
    readNext();  readNext();
}

public static void finish() {
    if (sourceFile != null) {
        try {
            sourceFile.close();
        } catch (IOException e) {
            Error.error("Could not close source file!");
        }
    }
}
```

Metoden readNext leser neste tegn:

```
public static void readNext() {
    curC = nextC;
    if (! isMoreToRead()) return;

    //-- Must be changed in part 0:
}
```

To nyttige metoder:

```
public static boolean isMoreToRead() {
    //-- Must be changed in part 0:
    return false;
}

public static int curLineNum() {
    return (sourceFile == null ? 0 : sourceFile.getLineNumber());
}
```

Hva er en god feilmelding?

Ubrukelig

```
ERROR: Syntax error detected!
```

Noe bedre

```
ERROR: Syntax error found in line 217.
```

Enda litt bedre

```
ERROR: Syntax error found in line 217:
    x = x+1 } ;
```

Melding med mening

Meldingen bør fortelle hva som er galt:

```
ERROR in line 217: Semicolon expected.
    x = x+1 } ;
```

Hvor på linjen?

Meldingen bør fortelle hvor på linjen feilen er:

```
ERROR in line 217: Semicolon expected.
    x = x+1 } ;
**************^
```

Det er ikke alltid like lett!

Den beste meldingen

Meldingen bør angi hvorledes kompilatoren «tenker»:

```
ERROR in line 217:
Expected ';' at end of sentence but found '}'.
    x = x+1 } ;
```

Feil

Hva gjør man med feil?

- Før prøvde man å finne så mange feil som mulig.
- Vi skal stoppe med melding ved første feil.

Modulen error

```
package no.uio.ifi.cflat.error;


import no.uio.ifi.cflat.log.Log;
import no.uio.ifi.cflat.scanner.Scanner;

public class Error {
    public static void error(String where, String message) {
        //-- Must be changed in part 0:

        System.exit(1);
    }

    public static void error(String message) {
        error("", message);
    }

    public static void error(int lineNum, String message) {
        error((lineNum>0 ? "in line "+lineNum : ""), message);
    }
```

Noen ganger tabber *vi* oss ut!

```
public static void panic(String where) {
    error("in method "+where, "PANIC! PROGRAMMING ERROR!");
}
```

Noen ganger er det brukeren

```
public static void giveUsage() {
    System.err.println("Usage: cflat [-c] [-log{B|P|S|T}] " +
                       "[-test{scanner|parser}] file");
    System.exit(2);
}
```

En nyttig rutine

```
public static void expected(String exp) {
    error(Scanner.curLine,
          exp + " expected, but found a " + Scanner.curToken + "!");
}
```

Siden de fleste feilene er relatert til lesingen av C♭-koden, er det nyttig med en egen metode i scanner-modulen:

```
public static void check(Token t) {
    if (curToken != t)
        Error.expected("A " + t);
}

public static void check(Token t1, Token t2) {
    if (curToken != t1 && curToken != t2)
        Error.expected("A " + t1 + " or a " + t2);
}

public static void skip(Token t) {
    check(t);  readNext();
}

public static void skip(Token t1, Token t2) {
    check(t1,t2);  readNext();
}
```

Modulen log

Brukeren kan slå av og på logging (med opsjoner som håndteres av cflat-modulen).

```
package no.uio.ifi.cflat.log;


import java.io.*;
import no.uio.ifi.cflat.cflat.Cflat;
import no.uio.ifi.cflat.error.Error;
import no.uio.ifi.cflat.scanner.Scanner;
import static no.uio.ifi.cflat.scanner.Token.*;

public class Log {
    public static boolean doLogBinding = false, doLogParser = false,
        doLogScanner = false, doLogTree = false;

    private static String logName, curTreeLine = "";
    private static int nLogLines = 0, parseLevel = 0, treeLevel = 0;

    public static void init() {
        logName = Cflat.sourceBaseName + ".log";
    }

    public static void finish() {
        //-- Must be changed in part 0:
    }
```

Testutskrifter

Alle vil gjøre feil under arbeidet med kompilatoren. For enklere å oppdage feilene når de skjer, skal vi bygge inn ulike testutskrifter som brukeren enkelt kan slå på:

Opsjon	Hva dumpes?	Del
-logB	Navnebindingen	2
-logP	Parseringen	1
-logS	Skanneren	0
-logT	Lagret parseringstre	1

$ cflat -logS mini.cflat
$ more mini.log

```
   1: /* Program som leser et tall v
   2:    og skriver ut v+1. */
   3:
   4: # Hovedprogrammet:
   5: int main ()
Scanner:  intToken
Scanner:  nameToken main
Scanner:  leftParToken
Scanner:  rightParToken
   6: {
Scanner:  leftCurlToken
   7:    int v;
Scanner:  intToken
Scanner:  nameToken v
Scanner:  semicolonToken
   8:
   9:    /* Les data: */
  10:    v = getint() + 1;
Scanner:  nameToken v
Scanner:  assignToken
Scanner:  nameToken getint
Scanner:  leftParToken
Scanner:  rightParToken
Scanner:  addToken
Scanner:  numberToken 1
Scanner:  semicolonToken
  11:    /* Skriv svaret: */
  12:    putint(v);   putchar(10);
Scanner:  nameToken putint
Scanner:  leftParToken
Scanner:  nameToken v
Scanner:  rightParToken
Scanner:  semicolonToken
Scanner:  nameToken putchar
Scanner:  leftParToken
Scanner:  numberToken 10
Scanner:  rightParToken
Scanner:  semicolonToken
  13: }
Scanner:  rightCurlToken
Scanner:  eofToken
Scanner:  eofToken
Scanner:  eofToken
```

- Siden utskriften på forrige side kommer fra to kilder, vil flettingen av den kunne variere.

NB!

Variasjoner i fletting er helt normalt og må forventes.

- Når hele programmet er lest, vil skanneren bare returnere **eofToken**.

For å sikre loggfilen, må den lukkes etter hver utskrift.

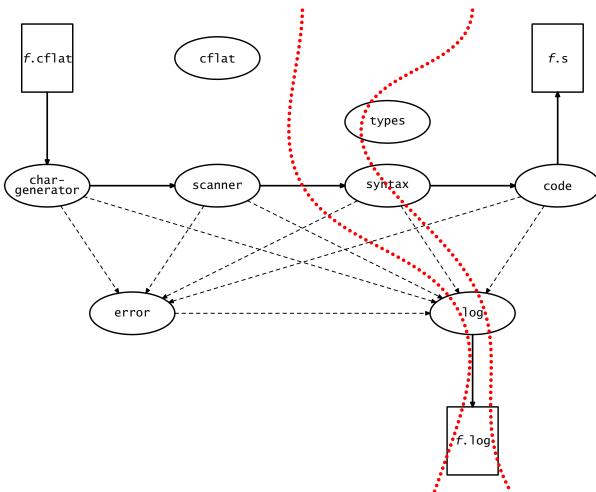
```
private static void writeLogLine(String data) {
    try {
        PrintWriter log = (nLogLines==0 ? new PrintWriter(logName) :
            new PrintWriter(new FileOutputStream(logName,true)));
        log.println(data);  ++nLogLines;
        log.close();
    } catch (FileNotFoundException e) {
        Error.error("Cannot open log file " + logName + "!");
    }
}
```

I del 0 skal vi sjekke chargenerator og scanner:

```
public static void noteSourceLine(int lineNum, String line) {
    if (! doLogParser && ! doLogScanner) return;

    //-- Must be changed in part 0:
}

public static void noteToken() {
    if (! doLogScanner) return;

    //-- Must be changed in part 0:
}
```

Feilmeldinger må med i loggen (om det er noen logg):

```
public static void noteError(String message) {
    if (nLogLines > 0)
        writeLogLine(message);
}
```


Del-0
Del-1
Del-2
f.cflat
cflat
f.s
types
char-generator
scanner
syntax
code
error
log
f.log

Hvordan komme i gang

Slik starter man å jobbe med koden:

Hent inf2100-oblig.zip fra kursets nettside om pensum/læringskrav.

Gjør så:

```
unzip inf2100-oblig.zip
cd inf2100
make
java -jar Cflat.jar minfil.cflat
```

Siste innspill

- Del-0 skal fungere med opsjonen –testscanner.
- Les kompendiet!
- Les Java-koden! (Den største arbeidsinnsatsen ligger i å forstå denne koden.)
- Det er ikke lov å fjerne noe i basiskoden (men det er lov å legge til).
- Alt skal programmeres fra bunnen av. Det er altså ikke lov å bruke annet fra Java-biblioteket enn java.io (og *Tokenizer er heller ikke lov).
- Gruppelærerne er der for å hjelpe dere.
- Begynn i tide!