

# Programmering og Problemløsning

## Datalogisk Institut, Københavns Universitet

### Arbejdsseddel 8 - individuel opgave

Jon Sparring

18. november - 22. november.  
Afleveringsfrist: fredag d. 22. november kl. 17:00.

Emnerne for denne arbejdsseddel er:

- højereordens funktioner,
- fejl og undtagelser.

Opgaverne er delt i øve- og afleveringsopgaver. I denne periode skal I arbejde individuelt med jeres afleveringsopgaver. Regler for gruppe- og individuelle afleveringsopgaver er beskrevet i "Noter, links, software m.m." → "Generel information om opgaver".

## Øveopgaver

I det følgende skal I arbejde med polynomier. Et polynomium af grad  $n$  skrives som

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n = \sum_{i=0}^n a_ix^i.$$

8ø.0 Skriv en funktion `poly`: `a: float list -> x: float -> float`, som tager en liste af koefficienter med `a.[i] = ai` og en  $x$ -værdi og returnerer polynomiets værdi. Afprøv funktionen ved at lave tabeller for et lille antal polynomier af forskellig grad med forskellige koefficienter og forskellige værdier for  $x$ , og validér den beregnede værdi.

8ø.1 Afled en ny funktion `line` fra `poly` således at `line : a0: float -> a1: float -> x: float -> float` beregner værdien for et 1. grads polynomium hvor  $a_0 = a_0$  og  $a_1 = a_1$ . Afprøv funktionen ved at tabellere værdier for `line` med det samme sæt af koefficienter  $a_0 \neq 0$  og  $a_1 \neq 0$  og et passende antal værdier for  $x$ .

8ø.2 Benyt Currying af `line` til at lave en funktion `theLine` : `x: float -> float`, hvor parametrene  $a_0$  og  $a_1$  er sat til det samme som brugt i Opgave 8ø.1. Afprøv `theLine` som Opgave 8ø.1.

- 8ø.3 Lav en funktion `lineA0 : a0:float -> float` ved brug af `line`, men hvor `a1` og `x` holdes fast. Diskutér om dette kan laves ved Currying uden brug af hjælpefunktioner? Hvis ikke, foreslå en hjælpefunktion, som vil gøre en definition vha. Currying muligt.
- 8ø.4 Skriv en funktion `integrate : n:int -> a:float -> b:float -> (f : float -> float) -> float`, hvis argumenter `n`, `a`, `b`, er som i ligningerne, og `f` er en integrabel 1 dimensionel funktion. Afprøv `integrate` på `theLine` fra Opgave 8ø.2 og på `cos` med  $a = 0$  og  $b = \pi$ . Udregn integralerne analytisk og sammenlign med resultatet af `integrate`.
- 8ø.5 Funktionen `integrate` er en approximation, og præcisionen afhænger af  $n$ . Undersøg afhængigheden ved at udregne fejlen, dvs. forskellen mellem det analytiske resultat og approximationen for værdier af  $n$ . Dertil skal du lave to funktioner `IntegrateLine : n:int -> float` og `integrateCos : n:int -> float` vha. `integrate`, `theLine` og `cos`, hvor værdierne for  $a$  og  $b$  og  $f$  er fastlåste. Afprøv disse funktioner for  $n = 1, 10, 100, 1000$ . Overvej om der er en tendens i fejlen, og hvad den kan skyldes.
- 8ø.6 Implementer fakultetsfunktionen  $n! = \prod_{i=1}^n i$ ,  $n > 0$  som `fac : n:int -> int` og kast en `System.ArgumentOutOfRangeException`, hvis funktionen bliver kaldt med  $n < 1$ . Kald `fac` med værdierne  $n = -4, 0, 1, 4$ , og fang evt. undtagelser.
- 8ø.7 Tilføj en ny og selvdefineret undtagelse `ArgumentTooBig` af string til `fac`, og kast den med argumentet `"calculation would result in an overflow"`, når  $n$  er for stor til `int` typen. Fang undtagelsen og udskriv beskeden sendt med undtagelsen på skærmen.
- 8ø.8 Lav en ny fakultetsfunktion `facFailwith : n:int -> int`, som `fac`, men hvor de 2 undtagelser bliver erstattet med `failwith` med hhv. argument `"argument must be greater than 0"` og `"calculation would result in an overflow"`. Kald `facFailWith` med  $n = -4, 0, 1, 4$ , fang evt. undtagelser vha. `Failure` mønsteret, og udskriv beskeden sendt med `failwith` undtagelsen.
- 8ø.9 Omskriv fakultetsfunktionen i Opgave 8ø.7, som `facOption : n:int -> int option`, således at den returnerer `Some m`, hvis resultatet kan beregnes og `None` ellers. Kald `fac` med værdierne  $n = -4, 0, 1, 4$ , og skriv resultatet ud vha. en af `printf` funktionerne.
- 8ø.10 Skriv en funktion `logIntOption : n:int -> float option`, som udregner logaritmen af  $n$ , hvis  $n > 0$  og `None` ellers. Afprøv `logIntOption` for værdierne  $-10, 0, 1, 10$ .
- 8ø.11 Skriv en ny funktion `logFac : int -> float option` vha. `Option.bind` 1 eller flere gange til at sammensætte `logIntOption` og `facOption`, og sammenlign `logFac` med Stirlings approximation  $n * (\log n) - n$  for værdierne  $n = 1, 2, 4, 8$ .
- 8ø.12 Funktionen `logFac : int -> float option` kan defineres som en enkelt sammensætning af funktionerne `Some` og `Option.bind` en eller flere gange og med `logIntOption` og `facOption` som argument til `Option.bind`. Opskriv 3 udtryk, der bruger hhv. `|>` eller `>>` operatorene eller ingen af dem.

## Afleveringsopgaver

I de følgende opgaver skal vi arbejde med en træstruktur til at beskrive geometriske figurer med farver. For at gøre det muligt at afprøve jeres opgaver skal I gøre brug af det udleverede bibliotek `img_util.dll`, der blandt andet kan omdanne såkaldte bitmap-arrays til png-filer. Biblioteket

er beskrevet i forelæsningerne (i uge 7) og koden for biblioteket ligger sammen med forelæsningsplancherne for uge 6. Her bruger vi funktionerne til at konstruere et bitmap-array samt til at gemme arrayet som en png-fil:

```
// colors
type color = System.Drawing.Color
val fromRgb : int * int * int -> color
// bitmaps
type bitmap = System.Drawing.Bitmap
val mk      : int -> int -> bitmap
val setPixel : color -> int * int -> bitmap -> unit

// save a bitmap as a png file
val toPngFile : string -> bitmap -> unit
```

Funktionen `toPngFile` tager som det første argument navnet på den ønskede png-fil (husk extension). Det andet argument er bitmap-arrayet som ønskes konverteret og gemt. Et bitmap-array kan konstrueres med funktionen `ImgUtil.mk`, der tager som argumenter vidden og højden af billedet i antal pixels, samt funktionen `ImgUtil.setPixel`, der kan bruges til at opdatere bitmap-arrayet før det eksporteres til en png-fil. Funktionen `ImgUtil.setPixel` tager tre argumenter. Det første argument repræsenterer en farve og det andet argument repræsenterer et punkt i bitmap-arrayet (dvs. i billedet). Det tredje argument repræsenterer det bitmap-array, der skal opdateres. En farve kan nu konstrueres med funktionen `ImgUtil.fromRgb` der tager en triple af tre tal mellem 0 og 255 (begge inklusive), der beskriver hhv. den røde, grønne og blå del af farven.

Koordinaterne starter med  $(0,0)$  i øverste venstre hjørne og  $(w-1, h-1)$  i nederste højre hjørne, hvis bredde og højde er hhv.  $w$  og  $h$ . Antag for eksempel at programfilen `testPNG.fsx` indeholder følgende F# kode:

```
let bmp = ImgUtil.mk 256 256
do ImgUtil.setPixel (ImgUtil.fromRgb (255,255,0)) (10,10) bmp
do ImgUtil.toPngFile "test.png" bmp
```

Det er nu muligt at generere en png-fil med navn `test.png` ved at køre følgende kommando:

```
fsharpi -r img_util.dll testPNG.fsx
```

Den genererede billedfil `test.png` vil indeholde et sort billede med et pixel af gul farve i punktet  $(10,10)$ .

Bemærk, at alle programmer, der bruger `ImgUtil` skal køres eller oversættes med `-r img_util.dll` som en del af kommandoen. Bemærk endvidere, at  $\text{\LaTeX}$  kan inkludere png-filer med kommandoen `includegraphics`.

I det følgende vil vi repræsentere geometriske figurer med følgende datastruktur:

```
type point = int * int // a point (x, y) in the plane
type colour = int * int * int // (red, green, blue), 0..255

type figure =
| Circle of point * int * colour
// defined by center, radius, and colour
```

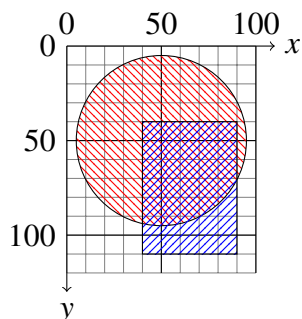
```
| Rectangle of point * point * colour
  // defined by corners bottom-left , top-right , and colour
| Mix of figure * figure
  // combine figures with mixed colour at overlap
```

For eksempel kan man lave følgende funktion til at finde farven af en figur i et punkt. Hvis punktet ikke ligger i figuren, returneres None, og hvis punktet ligger i figuren, returneres Some c, hvor c er farven.

```
// finds colour of figure at point
let rec colourAt (x,y) figure =
  match figure with
  | Circle ((cx,cy), r, col) ->
    if (x-cx)*(x-cx)+(y-cy)*(y-cy) <= r*r
      // uses Pythagoras' equation to determine
      // distance to center
    then Some col else None
  | Rectangle ((x0,y0), (x1,y1), col) ->
    if x0<=x && x <= x1 && y0 <= y && y <= y1
      // within corners
    then Some col else None
  | Mix (f1, f2) ->
    match (colourAt (x,y) f1, colourAt (x,y) f2) with
    | (None, c) -> c // no overlap
    | (c, None) -> c // no overlap
    | (Some (r1,g1,b1), Some (r2,g2,b2)) ->
      // average color
      Some ((r1+r2)/2, (g1+g2)/2, (b1+b2)/2)
```

Bemærk, at punkter på cirkelens omkreds og rektanglens kanter er med i figuren. Farver blandes ved at lægge dem sammen og dele med to, altså finde gennemsnitsfarven.

8i.0 Lav en figur figTest : figure, der består af en rød cirkel med centrum i (50,50) og radius 45, samt en blå rektangel med hjørnerne (40,40) og (90,110), som illustreret i tegningen nedenfor (hvor vi dog har brugt skravering i stedet for udfyldende farver.)



8i.1 Brug ImgUtil-funktionerne og colourAt til at lave en funktion

```
makePicture : string -> figure -> int -> int
              -> unit
```

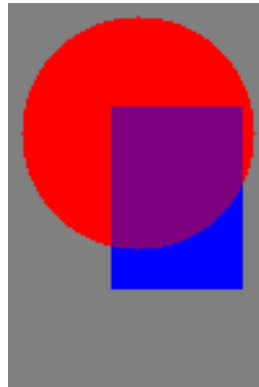
sådan at kaldet `makePicture` filnavn figur b h laver en billedfil ved navn `filnavn.png` med et billede af figur med bredde b og højde h.

På punkter, der ingen farve har (jvf. `colourAt`), skal farven være grå (som defineres med RGB-værdien (128,128,128)).

Du kan bruge denne funktion til at afprøve dine opgaver.

- 8i.2 Lav med `makePicture` en billedfil med navnet `figTest.png` og størrelse  $100 \times 150$  (bredde 100, højde 150), der viser figuren `figTest` fra Opgave 8i.0.

Resultatet skulle gerne ligne figuren nedenfor.



- 8i.3 Lav en funktion `checkFigure : figure -> bool`, der undersøger, om en figur er korrekt: At radiusen i cirkler er ikke-negativ, at øverste venstre hjørne i en rektangel faktisk er ovenover og til venstre for det nederste højre hjørne (bredde og højde kan dog godt være 0), og at farvekomponenterne ligger mellem 0 og 255.

Vink: Lav en hjælpefunktion `checkColour : colour -> bool`.

- 8i.4 Lav en funktion `move : figure -> int * int -> figure`, der givet en figur og en vektor flytter figuren langs vektoren.

Ved at foretage kaldet

```
makePicture "moveTest" (move figTest (-20,20)) 100 150
```

skulle der gerne laves en billedfil `moveTest.png` med indholdet vist nedenfor.



- 8i.5 Lav en funktion `boundingBox : figure -> point * point`, der givet en figur finder hjørnerne (top-venstre og bund-højre) for den mindste akserette rektangel, der indeholder hele figuren. `boundingBox figTest` skulle gerne give `((5, 5), (95, 110))`.

Afleveringen skal bestå af

- en zip-fil

Zip-filen skal indeholde en src mappe og filen README.txt. Mappen skal indeholde fsharp koden, der skal være en fsharp tekstfil per fsharp-opgave, og de skal navngives 8i0.fsx osv. De skal kunne oversættes med fsharpc og den oversatte fil skal kunne køres med mono. Funktioner skal dokumenteres ifølge dokumentationsstandard, og udover selve programteksten skal besvarelserne indtastes som kommentarer i de fsx-filer, de hører til. Filen README.txt skal ganske kort beskrive, hvordan rapporten oversættes til pdf og koden køres.

God fornøjelse.