

Innlevering 3a

INF2810 2016

- Innlevering 3a er del én av den siste obligatoriske oppgaven i INF2810. Man må ha minst 12 poeng tilsammen for 3a + 3b, og man kan få opptil 10 poeng på hver innlevering.
- Svarene skal leveres *innen fredag 29. april kl 10:00*. Ta også med relevante kjøringseksempler.
- Utover gruppetimene kan spørsmål som vanlig postes på forumet:
<https://piazza.com/uio.no/spring2016/inf2810/>
- **Gruppearbeid:** Som for oblig 2 skal oppgavene i oblig 3 også løses gruppevis (2–3 studenter sammen). Merk at det ikke er anledning til å bytte grupper mellom a- og b-leveringen (siden dette skaper problemer for poengtildelingen i Devilry). Det holder at én på hver gruppe leverer, men la første linje i besvarelsen gjøre det klart hvem andre som er med på gruppa. Gruppen må også registreres i Devilry. En på gruppa må invitere de andre gruppemedlemmene før besvarelsen leveres i Devilry, men kun én på gruppa trenger å levere. Les mer om hvordan dere gjør dette i dokumentasjonen her::
https://devilry-userdoc.readthedocs.org/en/latest/student_groups.html
- **Prekode:** Fila *prekode3a.scm* inneholder en del hjelpeprosedyrer som dere kan bruke om dere vil:
uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF2810/v16/oppgaver/prekode3a.scm
Koden inkluderer datatyper for både tabeller og strømmer. I tillegg inneholder den et utvalg listeoperasjoner tilpasset strømmer. Hvis du heller vil lage dine egne implementasjoner av noe fra *prekode3a.scm* må du gjerne gjøre det, men husk da å legge ved koden så retterne fortsatt kan kjøre løsningene dine (og ellers leverer du kun din egen kode). Du kan laste inn prekoden med `(load "prekode3a.scm")` øverst i kildefilen din (gitt at filene ligger i samme mappe).

1 Prosedyrer for bedre prosedyrer

I denne oppgaven skal vi implementere en teknikk som kalles *memoisering* (*memoization*) (som diskutert kort på forelesning, 29/3 og 5/4). Dette er et enkelt eksempel på såkalt *dynamisk programmering* der vi lar programmet huske (*cache*) tidligere utførte beregninger. Dette kan gi store besparelser for prosedyrer som utfører ressurskrevende beregninger: Dersom en memoisert prosedyre kalles med samme argument flere ganger vil beregningen kun bli utført én gang, ved første kall, mens senere kall bare slår opp returverdien i en tabell der vi har lagret det tidligere resultatet.

Vi skal her skrive en prosedyre `mem` som tar en prosedyre som argument og returnerer en ny memoisert versjon av prosedyren (se oppgave *a* under). Oppgave 3.27 i SICP gir et eksempel på en memoiseringsprosedyre, og man kan godt bruke dette til inspirasjon. Men her ønsker vi å definere en forbedret og mer fleksibel variant som fungerer litt anderledes. I tillegg til å kunne generere en memoisert versjon av en gitt prosedyre ønsker vi også å kunne “av-memoisere” og gjenoprette bindingen til den opprinnelige prosedyren (oppgave *b* under). Vi skal også støtte memoisering av prosedyrer som tar et vilkårlig antall argumenter. Kalleksempler følger under.

Vi har allerede på plass funksjonalitet for oppslag og innsetting i tabeller: ‘*prekode3a.scm*’ inkluderer tabell-prosedyrene fra seksjon 3.3.3 i SICP (dette ble også gjennomgått på forelesningen 29. mars). Fila inneholder

også definisjoner av `fib` og `test-proc` som kan brukes som testprosedyrer: Utover å bare beregne returverdiene sine inneholder disse prosedyrene også noen print-kommandoer så det blir lettere å sjekke at memoiseringen fungerer som den skal. (Det kan være nyttig å ta en titt på disse prosedyrene nå før du leser videre.)

I oppgave *a* og *b* under skal vi definere en prosedyre `mem` som fungerer som følger:

```
? (set! fib (mem 'memoize fib))
? (fib 3)
computing fib of 3
computing fib of 2
computing fib of 1
computing fib of 0
→ 2
? (fib 3)
→ 2
? (fib 2)
→ 1
? (fib 4)
computing fib of 4
→ 3
? (set! fib (mem 'unmemoize fib))
? (fib 3)
computing fib of 3
computing fib of 2
computing fib of 1
computing fib of 0
computing fib of 1
→ 2
```

Vi ser at den nye memoiserte versjonen av `fib` kun beregner Fibonacci-funksjonen for et gitt tall én gang. Ved gjentatte kall med samme argument vil vi at returverdien bare slås opp i en tabell. Merk: Når `mem` kalles med beskjeden `'unmemoize` som første argument så returneres den opprinnelige prosedyren (nest siste kall over). Merk også at `mem` skal være generell nok til å kunne generere memoiserte versjoner av prosedyrer som tar et vilkårlig antall argumenter. Dette kan sjekkes med f.eks `test-proc`:

```
? (set! test-proc (mem 'memoize test-proc))
? (test-proc)
computing test-proc of ()
→ 0
? (test-proc)
→ 0
? (test-proc 40 41 42 43 44)
computing test-proc of (40 41 42 43 44)
computing test-proc of (41 42 43 44)
computing test-proc of (42 43 44)
computing test-proc of (43 44)
computing test-proc of (44)
→ 10
? (test-proc 40 41 42 43 44)
→ 10
? (test-proc 42 43 44)
→ 5
```

- (a) Skriv prosedyren `mem` som gitt beskjeden `'memoize` og en prosedyre returnerer en memoisert versjon av denne.
- (b) Denne delen er litt mer vrien: Utvid prosedyren `mem` til å også støtte beskjeden `'unmemoize` slik at vi kan gjenopprette den opprinnelige ikke-memoiserte versjonen av en prosedyre. (Merk at det holder å levere én prosedyre `mem` for både *a* og *b* dersom du får til begge. Merk også at vi ved av-memoiseringen ikke bryr oss om å slette eventuelt lagrete resultater fra minnet.)

(c) Sammenlikn måten vi bruker `mem` på over med hvordan vi gjør det her:

```
? (define mem-fib (mem 'memoize fib))
? (mem-fib 3)
computing fib of 3
computing fib of 2
computing fib of 1
computing fib of 0
computing fib of 1
→ 2
? (mem-fib 3)
→ 2
? (mem-fib 2)
computing fib of 2
computing fib of 1
computing fib of 0
→ 1
```

Det kan se ut til at `mem-fib` ikke oppfører seg helt som vi vil! Forklar hva som er problemet her. Tips: “Sidesporet” vi snakket om på foilene 16–19 på 9. forelesning (29. mars) kan være til hjelp her.

- (d) Vi har tidligere sett hvordan vi i Scheme kan definere prosedyrer som tar et vilkårlig antall argumenter. (For oppfriskning, se f.eks. foiler 29–31 fra 5. forelesning (16/2) eller oppgave 2.20 i SICP.) Men noen ganger kan det også være praktisk å kunne bruke *navngitte argumenter*. Da vil det heller ikke spille noen rolle hvilken *rekkefølge* argumentene kommer i. Implementer en enkel hjelpeprosedyre som kan brukes i prosedyrer der vi ønsker å gjøre dette. Vi bør også kunne spesifisere default-verdier for argumenter som ikke er med i argumentlista ved et gitt kall.

For å ha et enkelt eksempel der dette brukes skal vi skrive en (rimelig poengløs) prosedyre `greet` som tar de navngitte argumentene `'time` og `'title` (med henholdsvis `"day"` og `"friend"` som default-verdier) og kan brukes som følger:

```
? (greet)
good day friend
? (greet 'time "evening")
good evening friend
? (greet 'title "sir" 'time "morning")
good morning sir
? (greet 'time "afternoon" 'title "dear")
good afternoon dear
```

Merk at det ikke gis full uttelling for en fungerende implementasjon av `greet` dersom den ikke benytter seg av en mer generell hjelpeprosedyre som håndterer navngitte argumenter.

2 Strømmer

I denne oppgaven får du bruk for strøimplementasjonen fra `'prekode3a.scm'`. Merk at hjelpeprosedyren `show-stream` skriver ut de n første elementene av en strøm og kan være nyttig for debugging.

- (a) Her skal det skrives prosedyrer for å konvertere strømmer til lister og motsatt. `list-to-stream` skal ta en liste som argument og returnere en strøm av elementene i lista. `stream-to-list` skal ta en strøm som argument og returnere en liste med elementene i strømmene. I tillegg skal `stream-to-list` også ta et valgfritt argument som angir hvor mange elementer fra strømmen som skal tas med i listen, slik at prosedyren også kan brukes med uendelige strømmer. Se kalleksempler under (`stream-interval` og den uendelige strømmen av naturlige tall `nats` er definert i prekoden):

```

? (list-to-stream '(1 2 3 4 5))
→ (1 . #<promise>)
? (stream-to-list (stream-interval 10 20))
→ (10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20)
? (show-stream nats 15)
↪ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 ...
? (stream-to-list nats 10)
→ (1 2 3 4 5 6 7 8 9 10)

```

- (b) SICP gir en versjon av `stream-map` definert for én input-strøm (seksjon 3.5.1). Fullfør definisjonen under for å lage en generalisert versjon av `stream-map` som tar én eller flere strømmer som argument (på samme måte som den innebygde `map` for lister). Merk at en liten utfordring her gjelder hvordan vi definerer *basistilfellet*, siden vi kan tenke oss at input-strømmene kan være av forskjellig lengde. For å få full uttelling på poeng her skal prosedyren defineres til å avslutte rekursjonen så fort én av input-strømmene er tomme. (Du kan gjerne ta i bruk egendefinerte hjelpeprosedyrer for dette om du synes det hjelper.) Hvis du synes dette blir for vanskelig kan du heller gjøre en forenkling ved å anta at input-strømmene er like lange og så definere basistilfellet ut fra dette.

```

(define (stream-map proc . argstreams)
  (if <???>
      the-empty-stream
      (<???>
       (apply proc (map <???> argstreams))
       (apply stream-map
                (cons proc (map <???> argstreams)))))))

```

- (c) Den følgende prosedyren returnerer en liste med alle distinkte symboler i en gitt liste med symboler. (Med andre ord, hvert symbol forekommer kun én gang i returlista, uansett om det forekommer én eller flere ganger i input-lista.)

```

(define (remove-duplicates lst)
  (cond ((null? lst) null)
        ((not (memq (car lst) (cdr lst)))
         (cons (car lst) (remove-duplicates (cdr lst))))
        (else (remove-duplicates (cdr lst)))))

```

`remove-duplicates` sjekker om `car` av lista er et element i `cdr` av lista. I så fall ignorerer den `car` og returnerer resultatet av å fjerne duplikater fra `cdr`. Ellers `cons`'er den `car` på dette resultatet. `remove-duplicates` bruker prosedyren `memq` fra SICP 2.3.1 (innebygd) som tester om et gitt symbol forekommer i en gitt liste. Denne kan defineres slik:

```

(define (memq item x)
  (cond ((null? x) #f)
        ((eq? item (car x)) x)
        (else (memq item (cdr x)))))

```

Petter Smart foreslår at for å tilpasse `remove-duplicates` for å fungere med strømmer så trenger vi bare modifisere `remove-duplicates` og `memq` ved å bytte ut `cons` med `cons-stream`, `car` med `stream-car`, `cdr` med `stream-cdr`, og `null?` med `stream-null?`. Kan du se et potensielt problem med Petter Smarts forslag? Forklar kort.

- (d) Fullfør følgende definisjon av en prosedyre som korrekt genererer en ny strøm uten duplikatene i input-strømmen. Merk at prosedyren `stream-filter` er gitt i *'prekodel3a.scm'* og er definert på samme måte som i SICP seksjon 3.5.1: Gitt et predikat og en strøm returnerer den en ny strøm som består av de elementene fra input-strømmen som oppfyller predikatet (dvs. returnerer sant).

```
(define (remove-duplicates stream)
  (if (stream-null? stream)
      the-empty-stream
      (cons-stream <FIRST-ELEMENT>
                   (stream-filter <PREDICATE>
                                <STREAM-TO-FILTER>))))
```

- (e) Vi skal her se nærmere på implementasjonen av utsatt evaluering i Scheme, som diskutert på 10. forelesning (5. april). Vi skal ta utgangspunkt i følgende prosedyre som ikke gjør annet enn å returnere argumentet sitt etter først å ha printet det.

```
(define (show x)
  (display x)
  (newline)
  x)
```

Hva vises på REPL'et når følgende uttrykk evalueres (i gitt rekkefølge)? Forklar kort hvorfor.

```
? (define x
  (stream-map show
              (stream-interval 0 10)))

? (stream-ref x 5)

? (stream-ref x 7)
```

(Merk at både `show` og `stream-interval` er inkludert i prekoden. Det samme er `stream-ref` som fungerer liknende `list-ref` for lister og returnerer det n 'te elementet i sekvensen.)

- (f) Definer en prosedyre `mul-streams` som fungerer liknende `add-streams` fra SICP (seksjon 3.5.2, se prekoden) men med multiplikasjon: Gitt to input-strømmer lages en ny strøm av produktet av de parvise elementene. (Forutsetter at du allerede har gjort oppgaven over.) Prekoden definerer også en strøm av alle positive heltall: `nats`. Basert på denne og `mul-streams`, fullfør den følgende definisjonen av en strøm `factorials` der det n 'te elementet tilsvarer verdien av $n!$. (Husk at $0! = 1$ og $1! = 1$.)

```
? (define factorials (cons-stream ...

? (stream-ref factorials 5) → 120
```

Lykke til og god koding!