Innlevering 2b IN2040 (Høst 2021)

- Dette er del to av den andre obligatoriske oppgaven i IN2040. Man kan oppnå 10 poeng for oppgavene i 2b, og man må ha minst 12 poeng tilsammen for 2a + 2b for å få godkjent.
- Svarene skal leveres via Devilry innen fredag 22. oktober, kl. 23:59.
- I enkelte oppgaver ber vi dere tegne diagrammer: Husk at disse også må vedlegges besvarelsen (f.eks som bilder av tegninger med penn-og-papir), i tillegg til kildekoden (som leveres som en .scm-fil).
- Hvis kildekoden leveres som en annen filtype (altså ikke som .scm-fil) vil dette anses som feil og det vil bli trukket 2 poeng.
- Husk å kommentere koden (med ; ;) så det blir lettere for de som skal rette å skjønne hvordan dere har tenkt. Ta også med relevante kjøringseksempler (ev. med returverdiene kommentert ut).
- For dem som leverer gruppeoppgaver: Merk at det ikke er anledning til å endre grupper mellom 2a og 2b, eller mellom 3a og 3b. I mellom 2 og 3 er det imidlertid mulig å gjøre endringer. (Som for 2a holder det at én på hver gruppe leverer, men la første linje i besvarelsen gjøre det klart hvem andre som er med på gruppa og sørg for at gruppen er registrert i Devilry.)
- Forelesningene fra uke 6 (30. september), 7 (7. oktober) og til en viss grad uke 8 (14. oktober) er de mest relevante her. Utover gruppetimene kan spørsmål som vanlig postes på GitHub-forumet.

1 Innkapsling, lokal tilstand og omgivelsesmodellen

(a) Skriv en prosedyre make-counter som returnerer en ny prosedyre som bruker innkapsling for å holde rede på hvor mange ganger den har blitt kalt. Den returnerte prosedyren skal ha en privat variabel count som initialiseres til 0 og så økes med 1 (destruktivt) hver gang vi kaller den. Som returverdi gis den oppdaterte verdien til count. Eksempel på interaksjon:

```
? (define count 42)
? (define c1 (make-counter))
? (define c2 (make-counter))
? (c1) \rightarrow 1
? (c1) \rightarrow 2
? (c1) \rightarrow 3
? count \rightarrow 42
? (c2) \rightarrow 1
```

(b) Tegn et omgivelsesdiagram som viser alle rammene og bindingene som er gjeldende idet vi evaluerer det siste uttrykket i interaksjonen over, altså kallet på c2. Merk at vi her er interessert i omgivelsen som er gjeldene mens kallet utføres, ikke etter at det er ferdig og har returnert.

2 Innkapsling, lokal tilstand, og message passing

(a) I denne oppgaven skal vi implementere en abstrakt datatype for å representere stakker (*stacks*). En stakk er en "beholder" der vi kan legge til elementer (*push*) eller fjerne elementer (*pop*). Fjerning og innsetting av elementer i en stakk er basert på en strategi som kan beskrives som *sist-inn-først-ut*, eller *last-in-first-out* (LIFO): Det siste elementet som er lagt til er det første som vil bli fjernet. Den klassiske metaforen her er en stabel med tallerkener: Vi kan kun forsyne oss fra toppen, og den siste tallerkenen som er lagt i stabelen er den første som kan tas ut igjen.

Vi skal implementere stakker som prosedyreobjekter der elementene på stakken er representert som en liste bundet til en lokal variabel (ved å bruke *innkapsling*). Vi kommuniserer med prosedyreobjektene ved å bruke såkalt *message passing*. Det er tre beskjeder vi ønsker å kunne gi (se eksempler på kall under):

- 'push!, sammen med et vilkårlig antall elementer som (destruktivt) skal legges til i stakken.
- 'pop! (uten andre argumenter), for å (destruktivt) fjerne det siste / "øverste" elementet i stakken.
- 'stack (uten andre argumenter), for å returnere lista av elementer som er på stakken.

Skriv en prosedyre make-stack som returnerer en stakk slik at vi kan ha f.eks. følgende interaksjon:

```
? (define s1 (make-stack (list 'foo 'bar)))
? (define s2 (make-stack '()))
? (s1 'pop!)
? (s1 'stack) → (bar)
? (s2 'pop!) ;; popper en tom stack
? (s2 'push! 1 2 3 4)
? (s2 'stack) → (4 3 2 1)
? (s1 'push! 'bah)
? (s1 'push! 'zap 'zip 'baz)
? (s1 'stack) → (baz zip zap bah bar)
```

Det bør være mulig å "poppe" en tom stakk uten å få feilmelding (vi lar den tomme stakken forbli uendret).

(b) Videre ønsker vi å gjøre grensesnittet mot stakk-objektene mer generelt slik at vi "abstraherer bort" det faktum at de her tilfeldigvis er implementert som prosedyrer. Definer prosedyrene push!, pop! og stack som alle tar et stakk-objekt som argument. (I tilfellet push! skal den i tillegg godta et vilkårlig antall elementer som skal settes inn.) Gitt stakk-objektet s1 (i samme tilstand som vi etterlot det i 2a-eksemplet over) ønsker vi å kunne ha f.eks. følgende interaksjon:

```
? (pop! s1)
? (stack s1) → (zip zap bah bar)
? (push! s1 'foo 'faa)
? (stack s1) → (faa foo zip zap bah bar)
```

3 Strukturdeling og sirkulære lister

• I denne oppgaven skal vi jobbe med sykliske lister og strukturdeling. La oss anta følgende REPL-interaksjon:

```
? (define bar (list 'a 'b 'c 'd 'e))
? (set-cdr! (cdddr bar) (cdr bar))
```

```
? (list-ref bar 0) \rightarrow a
? (list-ref bar 3) \rightarrow d
? (list-ref bar 4) \rightarrow b
? (list-ref bar 5) \rightarrow c
```

- (a) Tegn boks-og-peker-diagram som viser strukturen til bar etter kallet på define og etter set-cdr! over. Forklar kort hvorfor vi får verdiene vi gjør ved kallene på list-ref.
- (b) Anta så at vi har følgende interaksjon:

```
? (define bah (list 'bring 'a 'towel))
? (set-car! bah (cdr bah))
? bah → ((a towel) a towel)
? (set-car! (car bah) 42)
? bah → ((42 towel) 42 towel)
```

Tegn boks-og-peker-diagram som viser strukturen til bah før og etter det første kallet på set-car!. Forklar kort hvorfor bah evaluerer til verdien den gjør etter det siste kallet på set-car!.

(c) Strukturen bar over er et eksempel på en sirkulær (cyclic) liste. Med sirkulære lister mener vi her strukturer hvor et cdr-felt peker tilbake til en en tidligere cons-celle i lista. (Merk at lister kan ha elementer som deler struktur uten å nødvendigvis være sirkulære gitt denne definisjonen.) Når vi jobber med sirkulære lister må vi dermed passe oss så det ikke oppstår uendelige løkker der vi rekurserer over lister med cdr. Hvis vi f.eks. forsøker å kalle length på bar vil den ikke terminere. Skriv et predikat cycle? som tester om en listestruktur er syklisk.

```
? (cycle? '(hey ho)) \rightarrow \#f
? (cycle? '(la la la)) \rightarrow \#f
? (cycle? bah) \rightarrow \#f
? (cycle? bar) \rightarrow \#f
```

For ordens skyld: Vi bryr oss ikke her om "dypere" sirkularitet — f.eks. i tilfeller med lister-av-lister bryr vi oss ikke om hvorvidt et liste-element selv inneholder en sirkulær liste.

Valgfritt: De som kan tenke seg en ekstra utfordring kan her prøve å skrive to versjoner: en som har lineær minnebruk og en som har konstant minnebruk (men lineær tidsbruk).

(d) Strengt tatt er sirkulære lister egentlig ikke ekte lister. For bar og bah (slik de er gitt ved REPL-interaksjonen i oppgavene over) vil vi få følgende resultat hvis vi kaller predikatet list? — forklar kort hvorfor.

```
? (list? bar) \rightarrow #f
? (list? bah) \rightarrow #t
```

Lykke til, og god koding!