

i Information

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: INF3110 Programmeringsspråk

Eksamensdato: 28. november, 2018

Eksamenstidspunkt: 09:00, 4 timer

Tillatte hjelpemidler: Alle trykte og skrevne hjelpemidler, inkludert læreboka.

Denne oppgaven består av 3 spørsmål som kan besvares uavhengig av hverandre. Dersom du synes spørsmålsteksten er uklar, så må du gjøre dine egne tolkninger og antakelser. Skriv ned disse som en del av svaret.

I dette oppgavesettet har du mulighet til å svare med digital håndtegning (oppgave 1b, 1c og 1d). Du bruker skisseark du får utdelt. Det er anledning til å bruke flere ark per oppgave. Se instruksjon for utfylling av skisseark på pult.

Det er IKKE anledning til å bruke digital håndtegning på andre oppgaver enn oppgave 1b, 1c og 1d. Det blir IKKE gitt ekstratid for å fylle ut informasjonsboksene på skisseark (engangskoder, kand.nr. o.l.).

De 3 spørsmålene vektes som følger:

Runtime-systemer, syntaks og semantikk: 40 %











ML: 40 %


Prolog: 20 %

Lykke til!

1(a) 1a (8 %)

Skriv ditt svar her...

Format | **B** | *I* | U | x_2 | x^2 | I_x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Σ | 

Words: 0

Maks poeng: 8

1(b) 1b (8 %)

Tegn kjøretidsstakken ("the runtime stack") med aktiveringsblokker ("activation records") for programmet fra spørsmål 1a, når det akkurat har utført setningen "**print(a + b)**" i funksjonen **g**. Dersom du gjør noen antakelser om språkets semantikk, så skriv disse eksplisitt i svaret.

Maks poeng: 8

1(c) 1c (8 %)

Maks poeng: 8

1(d) 1d (8 %)










Tegn et abstrakt syntakstre (AST) for programmet fra spørsmål 1c (inkludert de delene som er uendret fra spørsmål 1a).


Skriv ned eventuelle antakelser du gjør om programstrukturen eller programmeringsspråket.

Maks poeng: 8

1(e) 1e (8 %)

Skriv ditt svar her...

Format ▾ | **B** | *I* | U | x_2 | x^2 | I_x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Σ | 











Words: 0


Maks poeng: 8

i Data type overview

2(a) **2a (8 %)**

Skriv ditt svar her...

Format ▾ | **B** *I* U x_2 x^2 | I_x |   |    |   |   |  |

Σ | 











Words: 0


Maks poeng: 8

2(b) 2b (4 %)

Er din funksjon halerekursiv (tail recursive)? Begrunn svaret ditt.

Skriv ditt svar her...

Format ▾ | **B** | *I* | U | x_2 | x^2 | I_x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |











Σ | 


Words: 0

Maks poeng: 4

2(c) **2c (12 %)**

Skriv ditt svar her...

Format ▾ | **B** *I* U x_2 x^2 | I_x |   |    |   |   |  |











Σ | 


Words: 0

Maks poeng: 12

2(d) **2d (8 %)**

Skriv ditt svar her...

Format ▾ | **B** *I* U x_2 x^2 | I_x |   |    |   |   |  |











Σ | 


Words: 0

Maks poeng: 8

2(e) **2e (8 %)**

Skriv ditt svar her...

Format ▾ | **B** *I* U x_2 x^2 | I_x |   |    |   |   |  |











Σ | 


Words: 0

Maks poeng: 8

3(a) **3a (8 %)**

Skriv ditt svar her...











Format ▾ | **B** *I* U x_2 x^2 | I_x |   |    |   |   |  |


Σ | 

Words: 0

Maks poeng: 8

3(b) 3b (12 %)**Skriv ditt svar her...**

Format ▾ | **B** *I* U x_2 x^2 | I_x |   |    |   |   |  |

Σ | 

Words: 0

Maks poeng: 12

Document 2
Attached



Gitt en datatype `IceCream` bygd opp av `Cone` (kjeks) og `Scoop` (kuler) med forskjellige smaker (`Flavor`):

```
datatype Flavor = Vanilla | Chocolate | Strawberry;
```

```
datatype IceCream = Cone  
                  | Scoop of (Flavor * IceCream);
```

Disse datatypene kan brukes til å lage `IceCream`-er med forskjellige smaker, for eksempel:

```
- Cone;
```

```
val it = Cone : IceCream
```

```
- Scoop(Vanilla, Cone);
```

```
val it = Scoop (Vanilla,Cone) : IceCream
```

```
- Scoop(Vanilla, Scoop(Strawberry, Cone));
```

```
val it = Scoop (Vanilla,Scoop (Strawberry,Cone)) : IceCream
```

Question 10
Attached

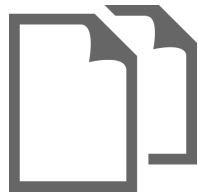


Hva er parametrisk polymorfisme (parametric polymorphism)?

Gitt typen til identitetsfunksjonen `id` vist under. Forklar hvorfor det ville være vanskelig å implementere `id` i et språk som ikke har parametrisk polymorfisme (slik som språket C).

```
fun id x = x;
```

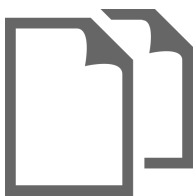
Question 11
Attached



Angi de resulterende substitusjonene for unifikasjon av hver av de to termene under, eller eventuelt grunnen til at unifikasjon ikke er mulig:

1. $f(g(a), X)$ og $f(Z, b)$
2. $f(g(Y), X)$ og $f(Z, Y)$
3. $f(g(Y), X)$ og $f(X, Y)$
4. $f(g(a), X)$ og $f(X, b)$

Question 12
Attached



Vi ønsker å regne ut Fibonacci-tallene (1,1,2,3,5,8,...) ved hjelp av følgende program:

```
fib(1,1).
fib(2,1).
fib(N,F):- N2 is N-2,
           fib(N2,F2),
           N1 is N-1,
           fib(N1,F1),
           F is F2 + F1.
```

1. Vil dette programmet finne de korrekte Fibonacci-tallene? Begrunn svaret ditt.
2. Dersom ditt svar på forrige spørsmål er “nei”, kan du fikse program ved å introdusere kutt med bruk av !? Hvordan?

Question 1
Attached



Se på programmet nedenfor, som er skrevet i et nytt, til nå ukjent programmeringsspråk (det vil si, det er funnet på for denne eksamenen). Anta at programmet er korrekt i det gitte språket, det vil si at det ikke har syntaksfeil eller semantiske feil, og en kjøring av programmet resulterer ikke i runtime-feil.

Anta videre at **print**-statementet i funksjonen **g** skriver ut noe til konsollet (terminalvinduet), og at eksekveringen starter med å utføre **main**-funksjonen.

```
var a = "the answer to life, the universe and everything: ";  
var b = 42;
```

```
function f() {  
    var b = 11;  
    g();  
}
```

```
function g() {  
    print(a + b);  
}
```

```
function main() {  
    var a = "this one goes to: ";  
    f();  
}
```

Hva vil bli skrevet ut når funksjonen **g** blir eksekvert i dette programmet? Er det mer enn én fornuftig tolkning? Beskriv kort hvordan du resonnerer.

Question 3
Attached



Anta nå at vi endrer funksjonene **f** og **g** fra spørsmål 1a til det følgende:

```
var a = "the answer to life, the universe and everything: ";  
var b = 42;
```

```
function f() {  
    var b = 11;  
    var doubleOf = (x : int) --> x * 2;  
    g(doubleOf);  
}
```

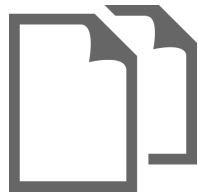
```
function g(z : (int --> int)) {  
    print(a + z(b));  
}
```

```
function main() {  
    var a = "this one goes to: ";  
    f();  
}
```

Resten av programmet er det samme som i spørsmål 1 a.

Slik vi har gjort det nå, så vil funksjonen **g** her ta en formell funksjonsparameter med navn **z**, som har type **int --> int**. Tegn kjøretidsstakken («the runtime stack») til programmet akkurat før det returnerer fra eksekvering av funksjonen **z**. Dersom du gjør noen antakelser om språket, skriv ned disse eksplisitt.

Question 5
Attached



Anta nå at funksjonen **f** blir gjort om til det følgende:

```
function f() {  
    var b = 11;  
    var squareRootOf = (x : int) --> sqrt(x);  
    g(squareRootOf);  
}
```

Er kallet til **g** med funksjonen **squareRootOf** som aktuell parameter typesikkert? Forklar hvorfor eller hvorfor ikke; ta med eventuelle antakelser om språkets semantikk.

Hint: tenk på hva vi har snakket om med hensyn på ko- og kontravarians på forelesning, og hva slags datatype en kvadratrots-funksjon typisk vil returnere.

Question 6
Attached



Skriv en funksjon `hasFlavor(f,i)` som sjekker om en `IceCream i` har en kule med smak (flavor) `f` i seg. Med andre ord, funksjonen `hasFlavor(f,i)` returnerer `true` hvis `i` har minst en kule med smak `f`, og `false` ellers.

Question 8
Attached



Funksjonen `singleFlavor` er dessverre ikke særlig effektiv. Selv etter at den treffer på en kule som ikke har smak `flv`, så fortsetter den å traversere hele iskremen.

For eksempel: kallet nedenfor traverserer hele iskremen selv om det kunne ha returnert `false` etter å ha sett den første sjokoladekulen.

```
- singleFlavor Vanilla Scoop(Chocolate,  
                             Scoop(Chocolate,  
                                   Scoop(Chocolate,Cone))
```

Bruk enten kontinuasjoner (continuations, `callcc`) eller unntak (exceptions) til å forbedre funksjonen `singleFlavor` slik at svakheten beskrevet over blir utbedret. Med andre ord, skriv en ny funksjon `betterSingleFlavor` med samme signatur som `singleFlavor`, men som returnerer `false` så snart den møter på en kule som ikke har den ønskede smaken.

Forklar koden din, og beskriv hvordan kontinuasjoner (eller unntak) blir brukt.

Hint: `callcc` har følgende type: `('a cont -> 'a) -> 'a`.

Question 9
Attached



Angi typen til `addA` og `addB` som vist nedenfor, og forklar forskjellen mellom de to funksjonene.

```
fun addA x y = x + y;  
fun addB (x,y) = x + y;
```

Hva skjer om man eksekverer `addA 5`? Og hva skjer om man eksekverer `addB 5`? Begrunn svaret ditt.

Hva er typen (hvis det finnes en) til `addA 5`? Og hva er typen (hvis det finnes en) til `addB 5`? Begrunn svaret ditt.