

# TÖL304G Forritunarmál



**Prófdagur og tími:** 07.12.2018 09:00-12:00

**Prófstaður:**

Háskólatorg - HT102 (fjöldi: 41)

Háskólatorg - HT104 (fjöldi: 24)

Háskólatorg - HT105 (fjöldi: 41)

Hús Vigdísar - VHV103 (fjöldi: 8)

HÁSKÓLI ÍSLANDS

**Iðnaðarverkfræði-, vélaverkfræði- og tölvunarfræðideild**

**Skriflegt próf (Vægi: 70%)**

**Skráðir til prófs: 114**

**Kennari:**

Snorri Agnarsson (snorri@hi.is / S: 8613270 / GSM: 8613270) Umsjónarkennari

**Kennslumisseri:** Haust 2018

**Úrlausnir skulu merktar með nafni**

**Prófbók/svarblöð:**

Rúðustrikuð prófbók

**Hjálpargögn:**

Engin hjálpargögn eru leyfileg.

**Önnur fyrirmæli:**

**Aðgangur að prófverkefni að loknu prófi:**

Kennslusvið sendir eintak í prófasafn

**Einkunnir skulu skráðar í Uglu eigi síðar en 28.12.2018.**

ATHUGIÐ að einhverjar úrlausnir úr fjölmönnum prófum geta verið í þunnum umslögum sem auðvelt er að yfirsjáast. GÓÐ VINNUREGLA er að byrja á því að opna öll umslög, telja úrlausnir og athuga hvort fjöldi stemmir við uppgefinn fjölda sem kvittað var fyrir.

Prentað: 05.12.18

*Samkvæmt 60. grein Reglna fyrir Háskola Íslands skulu einkunnir birtar í síðasta lagi tveimur vikum eftir hvert próf, nema eftir desemberpróf, þá eftir þrjár vikur. Einkunnir skulu skráðar í Uglu.*

# TÖL304G Final Exam

## TÖL304G Lokapróf

Nafn/Name: .....

Háskólatölvupóstfang/University Email: .....

1. No help materials are allowed.  
Engin hjálpargögn eru leyfileg.
2. Write your answers on these pages, not in an exam book.  
Skrifið svörin á þessar síður, ekki í prófbók.
3. If the answer does not fit on the allotted space you may write on the empty pages at the end, but in that case you should write an indication to that effect on the space allotted for the answer, for example "continued on page 22".  
Ef svarið kemst ekki fyrir á tilteknu svæði má skrifa á auðar síður aftast, en þá skalt þú láta vita af því með því að skrifa tilvísun í tiltekið svæði, til dæmis "framhald á blaðsíðu 22".
4. Refrain from mutilating or tearing these pages, they have to go through a scanner. Write clearly with **dark letters** and do not write in the margins.  
Forðist að skemma eða rífa þessar síður, þær þurfa að fara gegnum skanna. Skrifið skýrt með **dökku lettri** og ekki skrifa í spássíur.
5. The backs of the pages **will not be scanned** and can be used for scratch. Any answers written on the backs **will be ignored**.

Baksíður **verða ekki skannaðar** og má nota fyrir krass. **Ekki verður tekið tillit til** svara sem skrifuð eru á baksíður.

6. The exam is divided into **parts**. Answer **10** questions in total and at least **the specified required number** from each of the parts.  
Prófið skiptist í **hluta**. Svarið **10** spurningum í heild og að minnsta kosti **tilteknum lágmarksfjölda** í hverjum hluta.
7. If you answer more than **10** questions then your grade will be computed as the **average of all questions answered** unless you clearly **cross out** answers you do not want to count. You must cross out all the answer, not just part of it. Ef þú svarar fleiri en **10** spurningum þá verður einkunn þín reiknuð sem **meðaltal allra svara** nema þú **krossir skýrt út** svör sem þú vilt ekki að gildi. Þú verður að krossa út allt svarið, ekki aðeins hluta þess.
8. Remember that all functions need a **description** with Usage/Pre/Post or Usage/Pre/Value.  
Munið að öll föll þurfa **notkunarlýsingu** með Notkun/Fyrir/Eftir eða Notkun/Fyrir/Gildi.
9. Remember to use proper **indentation** in all program code.  
Munið að nota viðeigandi **innfellingu** í öllum forritstexta.

**Part I – Block-Structure, etc.****Hluti I – Bálmótun o.fl.**

**Answer at least two questions in this part – Remember to answer at least 10 questions in total**

**Svarið að minnsta kosti tveimur spurningum í þessum hluta – Munið að svara a.m.k. 10 spurningum í heild**

**1.**

Hverjar eftirfarandi fullyrðinga um lokanir eru sannar? Tvö röng svör gefa núll punkta.

Which of the following statements about closures are true? Two wrong answers give zero points.

- a) Lokanir innihalda fallsbendi. Closures contain a function pointer.
- b) Lokanir eru til í C. Closures exist in C.
- c) Lokanir eru til í Scheme. Closures exist in Scheme.
- d) Lokanir eru til í CAML. Closures exist in CAML.
- e) Lokanir eru til í Morpho. Closures exist in Morpho.
- f) Lokanir eru aðeins mögulegar ef vakningarfærslur eru í kös.  
Closures are only possible if activation records are in the heap.
- g) Lokanir má nota til að útfæra strauma í Scheme. Closures can be used to implement streams in Scheme.
- h) Lokanir innihalda tengihlekk (aðgangshlekk). Closures contain an access link (static link).
- i) Lokanir innihalda stýrihlekk. Closures contain a control link (dynamic link).
- j) Lokanir innihalda straum. Closures contain a stream.
- k) Lokanir eru nauðsynlegar til að skila staðværu falli sem skilagildi falls í bálmótuðum forritunarmálum. Closures are necessary in order to return a local function as a return value of a function in block structured programming languages.
- l) Lokanir eru nauðsynlegar til að senda staðvær föll sem viðföng í föll í bálmótuðum forritunarmálum. Closures are necessary in order to pass local functions as arguments to functions in block structured programming languages.

**Svar/Answer:**

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l

2.

Vakningarfærsla falls í bálmótuðu forritunarmáli eins og Scheme inniheldur sum eftirfarandi atriða. Hver? Eitt rangt svar gefur núll stig.

The activation record (stack frame) of a function in a block-structured programming language such as Scheme contains some of the following. Which? One wrong answer gives zero points.

- a) Staðværar breytur fallsins. The local variables of the function.
- b) Staðværar breytur fallsins sem kallaði á fallið. The local variables of the function that called the function.
- c) Viðværar breytur sem eru aðgengilegar í fallinu. The global variables that are accessible in the function.
- d) Skráakerfi tölvunnar. The file system of the computer.
- e) Viðföng fallsins. The arguments of the function.
- f) Aðgangshlekk (tengihlekk). An access link (static link).
- g) Stýrihlekk. A control link (dynamic link).
- h) Vendivistfang. A return address.
- i) Benda á öll föll sem hægt er að kalla á úr fallinu. Pointers to all the functions that can be called from the function.
- j) Benda á allar lifandi vakningarfærslur. Pointers to all living activation records.
- k) Alla hluti sem til eru í kerfinu. All objects that exist in the system.
- l) Vakningarfærslur allra falla sem hægt er að kalla á. The activation records of all functions that can be called.
- m) Nöfn allra falla sem hægt er að kalla á. The names of all functions that can be called.

**Svar/Answer:**

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m

3.

Vakningarfærsla falls í bálmótuðu forritunarmáli eins og Scheme inniheldur sum eftirfarandi atriða. Hver? Eitt rangt svar gefur núll stig.

The activation record (stack frame) of a function in a block-structured programming language such as Scheme contains some of the following. Which? One wrong answer gives zero points.

- a) Staðværar breytur fallsins. The local variables of the function.

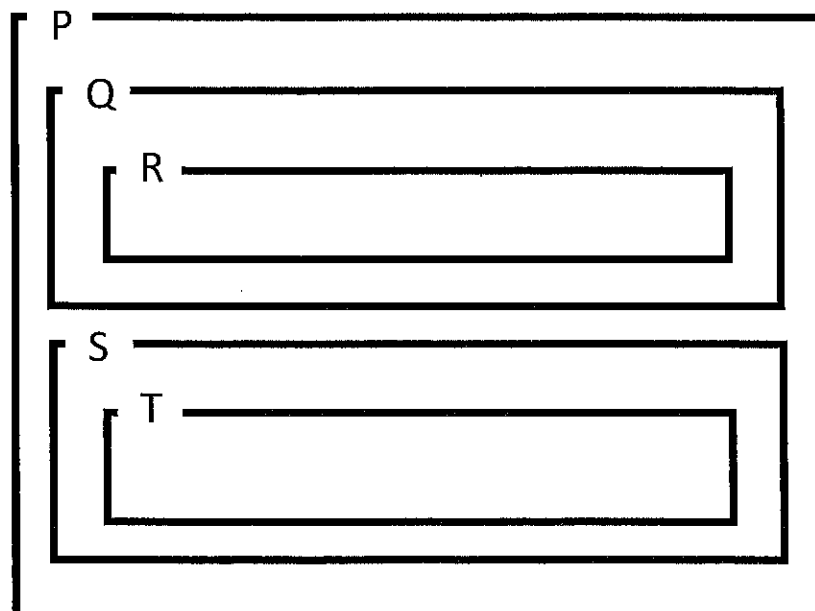
- b) Staðværar breytur fallsins sem kallaði á fallið. The local variables of the function that called the function.
- c) Víðværar breytur sem eru aðgengilegar í fallinu. The global variables that are accessible in the function.
- d) Skráakerfi tölvunnar. The file system of the computer.
- e) Viðföng fallsins. The arguments of the function.
- f) Aðgangshlekk (tengihlekk). An access link (static link).
- g) Stýrihlekk. A control link (dynamic link).
- h) Vendivistfang. A return address.
- i) Benda á öll föll sem hægt er að kalla á úr fallinu. Pointers to all the functions that can be called from the function.
- j) Benda á allar lifandi vakningarfærslur. Pointers to all living activation records.
- k) Alla hluti sem til eru í kerfinu. All objects that exist in the system.
- l) Vakningarfærslur allra falla sem hægt er að kalla á. The activation records of all functions that can be called.
- m) Nöfn allra falla sem hægt er að kalla á. The names of all functions that can be called.

**Svar/Answer:**

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m

4.

Íhugið myndina sem sýnir földun falla P, Q, R, S og T.



Samsvarandi Scheme forritstexti er einnig sýndur í tveimur

jafngildum útgáfum hlið við hlið.

Consider the figure which shows nesting of functions P, Q, R, and S. The corresponding Scheme code is also shown in two equivalent versions side by side.

<pre>(define (P ...)   (define (Q ...)     (define (R ...)       ...[stofn R/body of R]     )     ...[stofn Q/body of Q]   )   (define (S ...)     (define (T ...)       ...[stofn T/body of T]     )     ...[stofn S/body of S]   )   ...[stofn P/body of P] )</pre>	<pre>(define (P ...)   (define (S ...)     (define (T ...)       ...[stofn T/body of T]     )     ...[stofn S/body of S]   )   (define (Q ...)     (define (R ...)       ...[stofn R/body of R]     )     ...[stofn Q/body of Q]   )   ...[stofn P/body of P] )</pre>
---	---

Fyllið út eftirfarandi töflur með því að setja krossa við sannar fullyrðingar. Eitt rangt svar gefur núll í einkunn fyrir dæmið.

Fill out the following tables by ticking the correct assertions. One wrong answer gives zero points for the question.

### Svar / Answer:

Kalla má á P úr:

P may be called from:

P	Q	R	S	T

Kalla má á Q úr:

Q may be called from:

P	Q	R	S	T





Kalla má á R úr:

S may be called from:

P	Q	R	S	T

Kalla má á S úr:

T may be called from:

P	Q	R	S	T

Kalla má á T úr:

T may be called from:

P	Q	R	S	T

Staðværar breytur í P má nota í:

Local variables in P may be used in:

P	Q	R	S	T

Staðværar breytur í Q má nota í:

Local variables in Q may be used in:

P	Q	R	S	T

Staðværar breytur í R má nota í:

Local variables in R may be used in:

P	Q	R	S	T

Staðværar breytur í S má nota í:

Local variables in S may be used in:

P	Q	R	S	T

5.

Eftirfarandi forritstexti er í einhverju ímynduðu forritunarmáli.

(Spyrjið ef ykkur finnst merking eða málfræði ekki augljós.)

The following program text is in some imagined programming language. (Ask if you feel the syntax or semantics is not obvious.)

```
void f(x,y)
{
    y = 3;
    print x,y;
    x = 2;
}
int i,a[10];
for( i=0 ; i!=10 ; i++ ) a[i]=i+1;
f(a[a[0]],a[0]);
print a[0], a[1], a[2], a[3];
```

Hvað skrifar þetta forrit (sex gildi í hvert skipti) ef viðföngin eru:

What does the program write (six values each time) if the parameters are:

**a) Gildisviðföng / Passed by value:**

**b) Tilvísunarviðföng / Passed by reference:**

**c) Nafnviðföng / Passed by name:**

**Part II – List Processing, etc.**  
**Hluti II – Listavinnsla o.fl.**

**Answer at least two questions in this part – Remember to  
answer at least 10 questions in total**

**Svarið að minnsta kosti tveimur spurningum í þessum  
hluta – Munið að svara a.m.k. 10 spurningum í heild**

**6.**

Skrifið fall í Scheme, CAML, Morpho eða Haskell sem tekur eitt viðfang sem er listi lista af fleytitölum milli 0 og 1 og skilar tölu sem er stærsta lággildi innri listanna, þ.e. stærst af þeim tölum sem fást þegar fundin er minnsta tala í hverjum innri lista. Þið skuluð reikna með því að hágildi í tóma menginu sé 0 og lággildi í tóma menginu sé 1. Munið fallslýsingar, eins og alltaf. Fallið þarf að skila viðeigandi gildi bæði fyrir tóman lista og fyrir lista sem einungis inniheldur tóma lista.

Write a function in Scheme, CAML, Morpho or Haskell that takes one argument that is a list of lists of floating point numbers between 0 and 1 and returns a number that is the largest minimum of the inner lists, i.e. the largest of the numbers generated by finding the smallest number in each inner list. You should assume that the maximum of the empty set is 0 and the minimum of the empty set is 1. Remember function descriptions, as always. The function must return an appropriate value both for the empty list and for a list that contains only empty lists.

**Svar/Answer:**



7.

Skrifið fall `zip2` í Scheme, CAML, Morpho eða Haskell sem tekur tvíundaraðgerð (fall) og tvo jafnlanga lista sem viðföng og skilar lista þeirra útkomna sem fást þegar tvíundaraðgerðinni er beitt á gildin í listunum, par fyrir par. Til dæmis, í Scheme þá ætti segðin `(zip2 + '(1 2 3) '(4 5 6))` að skila listanum `(5 7 9)`. Notið einungis einfaldar aðgerðir svo sem `car`, `cdr`, `cons`, `null`?

Write a function `zip2` in Scheme, CAML, Morpho or Haskell that takes as argument a binary operation (function) and two lists of equal lengths and returns the list of the results from applying the binary operation pairwise to the values in the lists. For example, in Scheme the expression `(zip2 + '(1 2 3) '(4 5 6))` should return the list `(5 7 9)`. Use only simple operations such as `car`, `cdr`, `cons` and `null`?

**Svar/Answer:**

8.

Skrifið ykkar eigin útgáfur af föllunum tveimur sem í CAML Light eru kölluð `it_list` og `list_it`. Í Haskell eru þau kölluð `foldl` og `foldr`. Þið megið skrifa þessi föll í Scheme, CAML, Morpho eða Haskell. Notið ekki lykkjur í Morpho. Kallið föllin `myLeft` og `myRight`. Þið megið nota aðra röð viðfanga en í `it_list` og `list_it`. Sjáið til þess að a.m.k. annað fallið sé halaendurkvæmt og tiltakið hvort það er. Notið aðeins einföld innbyggð föll svo sem `car`, `cdr` og `null?`.

Write your own versions of the two functions that in CAML Light are called `it_list` and `list_it`. In Haskell they are called `foldl` and `foldr`.

You may write these functions in Scheme, CAML, Morpho or Haskell. Do not use loops in Morpho. Name the functions `myLeft` and `myRight`. You may use another ordering of argument than that used in `it_list` and `list_it`. Make sure that at least one of the functions is tail recursive and indicate which one that is. Use only simple builtin functions such as `car`, `cdr` and `null?`.

**Halaendurkvæma fallið er/The tail recursive function is:**

**Forritstexti (með lýsingum)/Program text (with descriptions):**



9.

Skrifið halaendurkvæmt fall í Scheme, CAML, Morpho eða Haskell sem tekur sem viðföng einn lista talna,  $x$ , auk tveggja talna  $a$  og  $b$ , og skilar lista þeirra talna  $z$  innan  $x$  þar sem  $a \leq z \leq b$ . Þið munuð vilja nota hjálparfall

Write a tail recursive function in Scheme, CAML, Morpho or Haskell that takes as arguments one list of numbers,  $x$ , and two numbers,  $a$  and  $b$ , and returns a list of all the numbers,  $z$ , within  $x$ , where  $a \leq z \leq b$ . You will want to use a helper function.

**Svar/Answer:**





**Part III – Modular Programming, etc.**  
**Hluti III – Einingaforritun o.fl.**

**Answer at least two questions in this part – Remember to answer at least 10 questions in total**

**Svarið að minnsta kosti tveimur spurningum í þessum hluta – Munið að svara a.m.k. 10 spurningum í heild**

**10.**

Útfærið, að hluta, einingu fyrir fjölnota forgangsbiðröð í Morpho. Sýnið eftirfarandi.

Implement, partially, a module for a generic priority queue in Morpho. Show the following.

- a. Hönnunarskjal sem inniheldur lýsingar (notkun/fyrir/eftir) fyrir öll innflutt og útflutt atriði einingarinnar.  
A design document that contains descriptions (usage/pre/post) for all items imported to or exported from the module.
- b. Smíð einingarinnar, þar sem sleppa má útfærslu allra aðgerða nema þeirri sem bætir gildi í forgangsbiðröðina.  
Athugið að sýna þarf fastayrðingu gagna.  
An implementation of the module, where you can skip implementing all operations except the operation to add a value to the priority queue. Note that you must show a data invariant.

Unnt skal vera að nota einingaraðgerðir til að búa til afbrigði af einingunni sem gefa forgangsbiðraðir fyrir hvaða gildi sem er sem hafa viðeigandi samanburðarfall. Þið ráðið hvort forgangsbiðröðin er útfærð sem hlutur eða ekki.

It should be possible to use module operations to construct a variant of the module that gives a priority queue for any values that have the appropriate comparison function. You may choose whether the priority queue is implemented as an object or not.

**Svar/Answer:**





11.

Hverjar af eftirfarandi fullyrðingum eru í samræmi við meginregluna um upplýsingahuld? Það gætu verið núll, ein eða fleiri. Tvö röng svör gefa núll stig.

Which of the following statements are in accordance with the principle of information hiding? There might be zero, one or more.

Two wrong answers give zero points.

- a. Fastayrðing gagna einingar skal vera fullkomlega aðgengileg smiðum einingarinnar.

The data invariant of a module should be perfectly accessible to the implementors of the module.

- b. Notendur einingar geta breytt fastayrðingu gagna einingarinnar. The users of a module can change the data invariant of the module.

- c. Gefa skal notendum einingar fullkomnar upplýsingar um smið einingarinnar.

The users of a module should be given perfect information about the implementation of the module.

- d. Fastayrðing gagna einingar skal vera fullkomlega aðgengileg notendum einingarinnar.

The data invariant of a module should be perfectly accessible to the users of a module.

- e. Fastayrðing gagna einingar skal ekki vera aðgengileg smiðum einingarinnar.

The data invariant of a module should not be accessible to the implementors of the module.

- f. Fastayrðing gagna einingar skal ekki vera aðgengileg notendum einingarinnar.

The data invariant of a module should not be accessible to the users of the module.

- g. Smiðir einingar geta breytt fastayrðingu gagna einingarinnar.

The implementors of a module can change the data invariant of the module.

**Svar/Answer:**

a	b	c	d	e	f	g

**12.**

Íhugið klasa A og B þar sem B er undirklasi A. Gerið ráð fyrir að klasi A innihaldi boð  $f$  með forskilyrði  $F_A$  og eftirskilyrði  $E_A$ .

// Notkun:  $x.f(\dots)$ ;

// Fyrir:  $F_A$

// Eftir:  $E_A$

Gerið ráð fyrir að í klasa B sé boðið  $f$  endurskilgreint með

// Notkun:  $x.f(\dots)$ ;

// Fyrir:  $F_B$

// Eftir:  $E_B$

Consider classes A and B where B is a subclass of A. Assume that class A contains a message  $f$  with precondition  $F_A$  and postcondition  $E_A$ .

// Usage:  $x.f(\dots)$ ;

// Pre:  $F_A$

// Post:  $E_A$

Assume that in class B the message  $f$  is redefined with

// Usage:  $x.f(\dots)$ ;

// Pre:  $F_B$

// Post:  $E_B$

Hvaða vensl þurfa þá að gilda milli  $F_A$ ,  $E_A$ ,  $F_B$  og  $E_B$ ? Svarið þarf að vera tæmandi, þ.e. tilgreina nauðsynleg og nægjanleg vensl.

What relationship must then hold between  $F_A$ ,  $E_A$ ,  $F_B$  and  $E_B$ ? The answer must be complete, i.e. must specify necessary and sufficient conditions.

**Svar / Answer:**

**Part IV – Miscellaneous**  
**Hluti IV – Ýmislegt**

**Answer at least one question in this part – Remember to  
answer at least 10 questions in total**

**Svarið að minnsta kosti einni spurningu í þessum hluta –  
Munið að svara a.m.k. 10 spurningum í heild**

**13.**

Lýsið ruslasöfnunaraðferðinni sem gengur undir nafninu  
tilvísunartalning. Koma þarf fram fastayrðing gagna og undir hvaða  
kringumstæðum minni er skilað.

Describe the garbage collection method called reference count.

The things to describe include the data invariant and under what  
circumstances memory is freed.

**Svar/Answer:**

14.

Sýnið BNF, EBNF, samhengisfrjálsa mállýsingu (CFG) **eða** málrit fyrir mál löglegra segða yfir stafrófið  $\{x, +, (, )\}$  þar sem  $x$  er breytunafn og  $+$  er tvíundaraðgerð.

Show BNF, EBNF, a context free grammar (CFG), **or** syntax diagrams for the language of expressions over the alphabet  $\{x, +, (, )\}$ , where  $x$  is a variable name and  $+$  is a binary operation.

Dæmi um strengi í málinu. Examples of strings in the language.

$x$   
 $x + x$   
 $x + (x)$   
 $((x))$   
 $x + (x + x + (x + x) + x) + x + x$

Dæmi um strengi ekki í málinu. Examples of strings not in the language.

$\epsilon$  (tómi strengurinn)  
 $($   
 $)$   
 $+x$   
 $((x))$

**Svar/Answer:**



(auð blaðsíða/empty page)

(auð blaðsíða/empty page)

(auð blaðsíða/empty page)

(auð blaðsíða/empty page)