

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**Exam in:** INF5450 — Evolusjonære algoritmer og maskinvare  
**Day of exam:** December 1st, 2009  
**Exam hours:** 14:30 – 17:30  
**This examination paper consists of 2 pages.**  
**Appendices:** None  
**Permitted materials:** None

*Make sure that your copy of this examination paper is complete before answering.*

### Question 1 Evolutionary Computing

**1a (weight 10%)**

Write a short pseudocode for a typical evolutionary algorithm. List possible termination criteria.

**1b (weight 20%)**

Give two examples of problems that need to be evolved with permutation representation. What is specific for this representation, and what is required of the evolutionary operators?

Explain two methods for undertaking mutation and the method order crossover, respectively for such a representation.

**1c (weight 10%)**

List alternative methods for undertaking parent selection (tip: fitness-proportional selection is the most common method) in genetic algorithms and shortly explain each of them.

**1d (weight 10%)**

Describe and give the names for the approaches for undertaking recombination in ES by how gene values for the offspring can be determined and how many parents that can be involved.

**1e (weight 10%)**

List possible time measurement units for evolution and what challenges that relate to each of them. Which of them (one or more) is to be preferred and why?

## **Question 2 Evolvable Hardware**

### **2a (weight 10%)**

What represents genotypes and phenotypes when circuits are evolved? List a couple of properties which become possible by circuit evolution which traditional design does not offer.

### **2b (weight 10%)**

Illustrate and explain how a classifier can be built from N-inputs AND gates. Why is incremental evolution beneficial in general, and why is this architecture well suited for it?

### **2c (weight 10%)**

Higuchi's group has implemented an autonomous mobile robot. Describe how it is constructed by which sensors and actuators being used. Further, what is the basis for the fitness computation?

### **2d (weight 10%)**

Describe how the two legged robot described in the paper of Mats and Lena was shaped. How was the chromosome defined to evolve walking patterns?

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**Exam in:** INF5450 — Evolusjonære algoritmer og maskinvare  
**Day of exam:** December 2, 2008  
**Exam hours:** 09:00 – 12:00  
**This examination paper consists of 2 pages.**  
**Appendices:** None  
**Permitted materials:** None

*Make sure that your copy of this examination paper is complete before answering.*

### Question 1 Evolutionary Computing

**1a (weight 10%)**

Draw a flow-chart for a general scheme of an evolutionary algorithm

**1b (weight 25%)**

Give two examples of problems that need to be evolved with permutation representation. What is specific for this representation and what is required of the evolutionary operators?

Explain one method for undertaking mutation and crossover, respectively for such a representation.

**1c (weight 10%)**

Make a table which shows how the chromosome is represented and whether crossover and mutation are applied for GA, GP, ES and EP, respectively.

**1d (weight 10%)**

Evolution can be applied both to “design problems” as well as “repetitive problems”. Give one application example of each and explain what is important to achieve for the two kinds of problems (also sometimes called perspectives).

## Question 2 Evolvable Hardware

### 2a (weight 10%)

Explain how fitness for a circuit can be computed. To what extent must physical hardware be included?

### 2b (weight 15%)

Explain the main steps of an  $(1 + \lambda)$ -*evolution strategy* (ES) algorithm. Mention (you should not explain it) one example from evolvable hardware where the approach has been applied.

What are the alternatives for survivor selection in general for ES, and how are the variants specified? What is changed when self-adaptation is applied for ES?

### 2c (weight 10%)

Higuchi's group has implemented systems for EHW-based clock timing adjustment. Why is this of interest, and how has it been implemented?

### 2d (weight 10%)

Virtual Reconfigurable Circuits (VRCs) have been applied in several EHW systems. In what technology and in what way is it applied and why is it useful? List a couple of the works/applications where the approach has been applied.

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

<b>Eksamen i:</b>	<b>INF5450 — Evolusjonære algoritmer og maskinvare</b>
<b>Eksamensdag:</b>	<b>2. desember 2008</b>
<b>Tid for eksamen:</b>	<b>09.00-12.00</b>
<b>Oppgavesettet er på 2 sider</b>	
<b>Vedlegg:</b>	<b>Ingen</b>
<b>Tillatte hjelpemidler:</b>	<b>Ingen</b>

*Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.*

### Oppgave 1 Evolusjonære algoritmer

#### **1a (vekt 10%)**

Tegn et flytskjema (skisse) for en evolusjonær (eng: evolutionary) algoritme.

#### **1b (vekt 25%)**

Gi to eksempler på problemer som krever å bli evolvert med permutasjonsrepresentasjon. Hva er spesifikt for denne representasjonen, og hva kreves av de evolusjonære operatorene?

Forklar en metode for å utføre henholdsvis mutasjon og kryssing for en slik representasjon.

#### **1c (vekt 10%)**

Lag en tabell som viser hvordan kromosomet representeres og hvorvidt kryssing og mutasjon anvendes for henholdsvis GA, GP, ES og EP.

#### **1d (vekt 10%)**

Evolusjon kan bli anvendt både til ”design problemer”, så vel som ”repetitive problemer”. Gi ett eksempel på hver av dem, og forklar hva som er viktig å oppnå for de to typene av problemer (kalles også av og til ”perspektiver”).

## Oppgave 2 Evolusjonær maskinvare (EHW)

### 2a (vekt 10%)

Forklar hvordan fitness for en krets kan bli beregnet. I hvilken grad må fysisk hardware inngå?

### 2b (vekt 15%)

Forklar de viktigste trinnene i en  $(1 + \lambda)$ -*evolution strategy* (ES) algoritme. Nevn (du skal ikke forklare) ett eksempel fra evolusjonær maskinvare der metoden har vært anvendt.

Hva er alternativene for “survivor selection” generelt i ES, and hvordan spesifiseres disse variantene? Hva blir endret når selvadapsjon benyttes i ES?

### 2c (weight 10%)

Higuchi sin gruppe har implementert systemer for EHW-basert klokke-timing justering. Hvorfor er dette interessant, og hvordan har det blitt implementert?

### 2d (weight 10%)

Virtual Reconfigurable Circuits (VRCs) har vært anvendt i flere EHW-systemer. I hva slags teknologi og på hvilken måte er det anvendt, og hvorfor er det nyttig? List opp et par arbeider/applikasjoner hvor metoden har vært anvendt.

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	INF5450 — Evolusjonære algoritmer og maskinvare
Eksamensdag:	4. desember 2007
Tid for eksamen:	14.30-17.30
Oppgavesettet er på 2 sider	
Vedlegg:	Ingen
Tillatte hjelpemidler:	Ingen

*Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.*

### Oppgave 1 Evolusjonære algoritmer

#### 1a (vekt 20%)

En evolusjonær (eng: evolutionary) algoritme består av noen grunnleggende trinn. Tegn et flytskjema (skisse) der disse inngår og ta i tillegg med kortfattet pseudokode for en typisk evolusjonær algoritme.

#### 1b (vekt 10%)

Forklar kort hvilke to typer søk (utforsking) i et søkerom en evolusjonær algoritme med kryssing og mutasjon normalt gjennomfører. Hvordan er disse to ofte knyttet til mutasjon og kryssing?

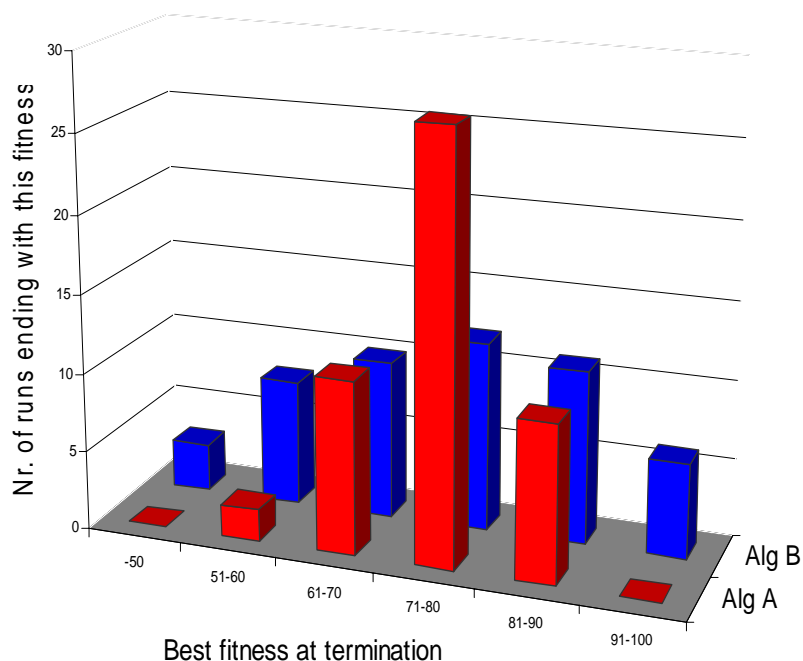
#### 1c (vekt 20%)

Vis hvordan følgende funksjoner kan representeres som to trær:

$$3 \cdot y + \left( (y + 2) - \frac{x}{y + 1} \right)$$

$$\frac{2}{x} - y \cdot 3$$

Hva slags evolusjonær algoritme bruker en slik representasjon? Vis og forklar hvordan mutasjon og kryssing utføres ved en slik representasjon.

**1d (vekt 10%)**

Over viser ytelsen til to forskjellige algoritmer (100 er høyest oppnåelige fitness). Vil du anse en av dem for å være best? Vil det gjelde for alle typer problemer? Begrunn svaret.

**Oppgave 2 Evolusjonær maskinvare (EHW)****2a (vekt 10%)**

Hva slags typer byggeblokker er vanlig ved evolusjon av henholdsvis analog og digital krets? Hvordan blir byggeblokkene typisk kodet i et kromosom?

**2b (vekt 10%)**

Hva menes med "unconstrained" evolusjon av krets? Nevn kort noe det har vært brukt til. Hva er utfordringene med metoden?

**2c (vekt 10%)**

Beskriv i korthet hvordan evolusjon kan benyttes innen bildekompresjon. Hvilken egenskap ved bildet påvirker kompresjonsgraden?

**2d (vekt 10%)**

Nevn og beskriv kort noen egenskaper/prinsipper ved biologiske systemer som er ønskelige men ofte vanskelige å oppnå i kunstige systemer.



# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	INF5450 — Evolusjonære algoritmer og maskinvare
Eksamensdag:	4. desember 2006
Tid for eksamen:	14.30-17.30
Oppgavesettet er på 2 sider	
Vedlegg:	Ingen
Tillatte hjelpemidler:	Ingen

*Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.*

### Oppgave 1 Evolusjonære algoritmer

#### 1a (vekt 15%)

Skisser kortfattet pseudokode for en *Simple GA* algoritme.

#### 1b (vekt 10%)

Gitt fire individer representert ved følgende kromosomer:

1	0	0	0	0
---	---	---	---	---

1	0	0	1	0
---	---	---	---	---

1	0	1	0	0
---	---	---	---	---

1	1	0	0	0
---	---	---	---	---

Hvilken *schema* (med høyest orden) beskriver disse fire kromosomene? Hvilken orden ( $\sigma$ ) og lengde ( $\delta$ ) har den? Vil den ha stor levedyktighet i en populasjon? Begrunn svaret.

#### 1c (vekt 15%)

Anta en populasjon bestående av individer med råfitness henholdsvis 1, 2, 4, 6, 12. Anta at lineær skalering brukes med  $C_{\text{mult}}=2$ . Tegn opp skaleringskurven som angir sammenhengen mellom råfitness og skalert fitness. Hva blir skalert fitness for individet med lavest råfitness?

#### 1d (vekt 10%)

Hva menes med ”multiobjective optimization” og hva ønsker en da typisk å finne fram til? Bruk gjerne et eksempel.

## Oppgave 2 Evolusjonær maskinvare (EHW)

### 2a (vekt 10%)

Det er flere forskjellige alternativer for EHW med hensyn på grad av maskinvareimplementering. Angi hvilke alternativer som finnes. Beskriv kort hva som er fordeler/ulempes med maskinvareimplementering i forhold til programvareimplementering.

### 2b (vekt 10%)

Forklar i korte trekk hva *genetisk programmering* (GP) går ut på og hva som er hovedforskjellen til *genetiske algoritmer*. Hva menes med Automatically Defined Function?

### 2c (vekt 10%)

Beskriv i korthet hvordan støy kan fjernes fra et bilde ved å bruke evolusjonær maskinvare.

### 2d (vekt 10%)

Hva menes med og hva er forskjellen på *evolutionary design* og *online evolvable (adaptable) hardware*. Nevn 2 eksempler på hver av dem blant prosjektene til Higuchi sin gruppe (beskrivelse av dem ønskes ikke).

### 2e (vekt 10%)

Et av problemene med evolusjon av maskinvare er begrenset skalerbarhet. List opp og beskriv kort alternative metoder for å øke skalerbarheten.

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i                    INF5450 — Evolusjonære algoritmer og maskinvare

Eksamensdag:            1. desember 2005

Tid for eksamen:        14.30–17.30

Oppgavesettet er på 2 sider.

Vedlegg:                 Ingen

Tillatte hjelpemidler: Ingen

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

### Oppgave 1    Evolusjonære algoritmer

#### 1a    (vekt 10 %)

Forklar på blokknivå hvilke trinn en enkel genetisk algoritme består av. Vis/forklar spesielt hvordan populasjoner håndteres mellom generasjoner.

#### 1b    (vekt 10 %)

Nevn noen enkle søke/optimaliseringmetoder som ikke er basert på evolusjon. Hva er svakhetene med disse i forhold til evolusjonsbaserte metoder?

#### 1c    (vekt 10 %)

Gitt følgende to individer representert ved følgende kromosomer:

1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Vis og forklar hvordan disse kan kombineres til to nye individer ved hjelp av 3-punkts kryssing, kloning og mutasjon. Hvis sannsynligheten for kryssing er 80%, hvor stor er sannsynligheten for kloning?

#### 1d    (vekt 10 %)

Anta i en populasjon på tre individer at hver har fått en fitness på henholdsvis 3, 6 og 9. Vis hvordan et ruletthjul basert på “Stochastic Universal Sampling (SUP)” i dette tilfellet kan brukes til seleksjon av individer. Hvilken fordel gir SUP framfor vanlig ruletthjul?

(Fortsettes på side 2.)

**1e (vekt 10 %)**

Hva menes med seleksjonspress i evolusjon og hvordan kan skalering av fitness styre dette?

**1f (vekt 10 %)**

Lag en tabell som viser hvordan kromosom representeres og hvorvidt kryssing og mutasjon anvendes for henholdsvis genetiske algoritmer (GA), genetisk programmering (GP) og evolusjonære strategier (ES).

## **Oppgave 2 Evolusjonær maskinvare**

**2a (vekt 10 %)**

Anta at du har tilgjengelig et generelt program for evolusjon (evolusjonær algoritme). Hvilke utvidelser må gjøres for å anvende det til evolusjon av en krets?

**2b (vekt 10 %)**

Prosjektet POEtic er basert på å kombinere tre grunnleggende prinsipper fra biologien. Forklar kort hva hver av dem går ut på i biologiske systemer. Hva er motivasjonen i prosjektet for å kombinere prinsippene?

**2c (vekt 10 %)**

Forklar motivasjonen og metoden bak Higuchi sin gruppes arbeid innen evolusjon anvendt på protesehånd.

**2d (vekt 10 %)**

Hvorfor har det så langt vært vanskelig å evolvere komplekse/store systemer? Hvilke alternative metoder finnes for å minske problemet?

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i                      INF5450 — Evolusjonære algoritmer og maskinvare

Eksamensdag:                3. desember 2004

Tid for eksamen:            14.30–17.30

Oppgavesettet er på 2 sider.

Vedlegg:                      Ingen

Tillatte hjelpemidler:    Ingen

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

### Oppgave 1    Evolusjonære algoritmer

#### 1a    (vekt 10 %)

Hvilke fordeler har evolusjonsalgoritmer framfor alternative optimaliseringsalgoritmer? Forklar hva som menes med begrepene “genotype” og “phenotype”.

#### 1b    (vekt 10 %)

Gitt følgende to individer representert ved følgende kromosomer:

1	1	0	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---

0	1	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---

Vis og forklar hvordan disse kan kombineres til to nye individer ved hjelp av 2-punkts kryssing, kloning og mutasjon.

#### 1c    (vekt 10 %)

Anta i en populasjon på fire individer at hver har fått en fitness på henholdsvis 2, 2, 4 og 8. Vis hvordan et rulettjul (roulette wheel) i dette tilfelle kan brukes til seleksjon av individer. Nevn deretter noen andre måter å gjøre seleksjon på.

*(Fortsettes på side 2.)*

**1d (vekt 10 %)**

Gitt følgende to individer representert ved følgende kromosomer:

1	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---

0	0	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---

Hvilken schema beskriver disse to kromosomene? Hvilken orden ( $\sigma$ ) og lengde ( $\delta$ ) har den?

**1e (vekt 10 %)**

Forklar hva som menes med arts/nisjedannelse i evolusjon. Beskriv kort eksempler på metoder for hvordan dette kan gjøres.

**Oppgave 2 Evolusjonær maskinvare****2a (vekt 10 %)**

Tegn blokkskjema og forklar hvilke trinn en enkel algoritme for evolusjon av en krets består av.

**2b (vekt 10 %)**

Hva går Cartesian Genetic Programming (Miller) ut på og hva skiller den fra evolusjon av krets med genetisk algoritme?

**2c (vekt 15 %)**

Forklar motivasjonen og metoden bak Higuchi sin gruppes arbeid innen evolusjon anvendt på analoge (IF) filtre.

**2d (vekt 15 %)**

Hvilke metoder ser Adrian Thompson (som er kjent for å evolvere ukonvensjonelle kretser) for seg er interessante for å analysere en evolvert krets? Beskriv også kort hva de går ut på.

# UNIVERSITY OF OSLO

Faculty of mathematics and natural sciences

Examination in INF-5450 — Evolvable Algorithms and Hardware

Day of examination: 1. December 2003

Examination hours: 14.30–17.30

This problem set consists of 2 pages.

Appendices: None

Permitted aids: None

Please make sure that your copy of the problem set is complete before you attempt to answer anything.

## Problem 1 Evolutionary Algorithms

### 1a (weight 15 %)

Explain at block level which steps a simple genetic algorithm consists of.

### 1b (weight 10 %)

Given the following two individuals represented by their chromosomes:

1	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---

0	0	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---

Show and explain how these can be combined to two new individuals by crossover, cloning and mutation.

### 1c (weight 10 %)

Suppose in a population of three individuals that each has obtained a fitness of 2, 4 and 6, respectively. Show how a roulette wheel can be applied in this case to select individuals. Then, name some other methods for doing selection.

### 1d (weight 15 %)

What is meant by linear scaling of fitness values and why is it useful?

### 1e (weight 10 %)

What is meant by *elitism* and why is it useful?

(Continued on page 2.)

## Problem 2 Evolvable Hardware (EHW)

### 2a (weight 10 %)

What are the main benefits of evolvable hardware compared to traditional design?  
What are the main problems of this approach?

### 2b (weight 10 %)

Show by an example the relation between a chromosome and the components in a circuit that is to be evolved.

### 2c (weight 20 %)

Select an EHW project in the compendium and explain in short what it is about and what evolutionary principles that are applied.



# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i                      INF5450 — Evolusjonære algoritmer og maskinvare

Eksamensdag:                1. desember 2003

Tid for eksamen:            14.30–17.30

Oppgavesettet er på 2 sider.

Vedlegg:                      Ingen

Tillatte hjelpemidler:    Ingen

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

### Oppgave 1    Evolusjonære algoritmer

#### 1a    (vekt 15 %)

Forklar på blokknivå hvilke trinn en enkel genetisk algoritme består av.

#### 1b    (vekt 10 %)

Gitt følgende to individer representert ved følgende kromosomer:

1	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---

0	0	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---

Vis og forklar hvordan disse kan kombineres til to nye individer ved hjelp av kryssing, kloning og mutasjon.

#### 1c    (vekt 10 %)

Anta i en populasjon på tre individer at hver har fått en fitness på henholdsvis 2, 4 og 6. Vis hvordan et ruletthjul (roulette wheel) i dette tilfelle kan brukes til seleksjon av individer. Nevn deretter noen andre måter å gjøre seleksjon på.

#### 1d    (vekt 15 %)

Hva går lineær skalering (linear scaling) av fitness ut på og hvorfor er det nyttig?

*(Fortsettes på side 2.)*

**1e (vekt 10 %)**

Hva menes med "elitism" og hvorfor er det nyttig?

**Oppgave 2 Evolusjonær maskinvare (EM)**

**2a (vekt 10 %)**

Hva er de viktigste fordelene med evolusjonær maskinvare framfor tradisjonelt design? Hva er hovedproblemene med denne teknikken?

**2b (vekt 10 %)**

Vis med et eksempel hva som er sammenhengen mellom et kromosom og komponentene i en krets som ønskes evolvert.

**2c (vekt 20 %)**

Velg ut et EM prosjekt i kompendiet og beskriv i korthet/hovedtrekk hva det går ut på og hvilke evolusjonære teknikker som er brukt.