

Eindtoets TI1406 Computer Organisatie

26 oktober/October 26, 2015, 09:00—11:00

Tweetalig/Bilingual Nederlands/English

Totaal aantal bladzijden/Number of pages: 17

Dit tentamen bestaat uit 25 opgaven. De eerste 10 opgaven zijn overeenkomstig met de 10 opgaven van de mid-term toets. /
This exam consists of 25 questions. The first 10 questions overlap the 10 questions of the mid-term exam.

Aanwijzingen bij het invullen van de antwoordformulieren:

- Vul het antwoordformulier in met **potlood** (uitgummen mag) of **pen** (beslist **geen rode pen** gebruiken en **geen doorhalingen**);
- Vergeet niet uw **naam**, **vakcode** en **studentnummer** in te vullen;
- Vul uw **studentnummer ook in streepjes** in en controleer of u dit goed gedaan hebt;
- Schrijf in het gedeelte tussen de dikke zwarte strepen **niet buiten de hokjes**.

Instructions for filling in the answer sheet:

- *Fill in the correct answer with **pencil** (erasing allowed) or **pen** (no red pen and no corrections);*
 - *Do not forget to fill in your **name**, **course code**, and **student number**.*
 - *Fill in the **student id** (the number), in cursive and in the designated boxes, and check that you have done this correctly;*
 - *Write **inside the area of the boxes**.*
-

Opgave 1 / Exercise 1

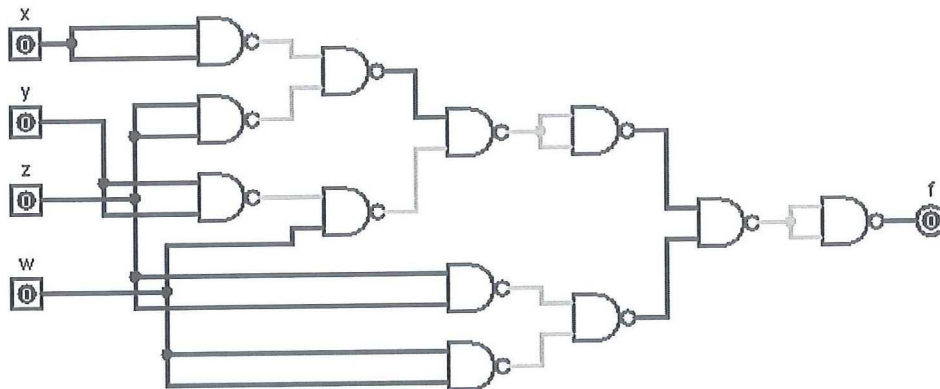
Gegeven de functie / Given the function

$$S = x \cdot y + y \cdot \bar{z} + \bar{y} \cdot \bar{w} + w \cdot z$$

Wat is de juiste waarheidstabel? / What is the correct truth table?

a.						b.						c.						d.					
x	y	z	w	S		x	y	z	w	S		x	y	z	w	S		x	y	z	w	S	
0	0	0	0	1		0	0	0	0	1		0	0	0	0	1		0	0	0	0	1	
0	0	0	1	0		0	0	0	1	0		0	0	0	1	1		0	0	0	1	0	
0	0	1	0	1		0	0	1	0	1		0	0	1	0	0		0	0	1	0	0	
0	0	1	1	1		0	0	1	1	1		0	0	1	1	0		0	0	1	1	0	
0	1	0	0	1		0	1	0	0	1		0	1	0	0	1		0	1	0	0	0	
0	1	0	1	1		0	1	0	1	0		0	1	0	1	1		0	1	0	1	0	
0	1	1	0	0		0	1	1	0	1		0	1	1	0	0		0	1	1	0	0	
0	1	1	1	1		0	1	1	1	1		0	1	1	1	0		0	1	1	1	0	
1	0	0	0	1		1	0	0	0	0		1	0	0	0	1		1	0	0	0	1	
1	0	0	1	0		1	0	0	1	0		1	0	0	1	1		1	0	0	1	1	
1	0	1	0	1		1	0	1	0	0		1	0	1	0	0		1	0	1	0	0	
1	0	1	1	1		1	0	1	1	1		1	0	1	1	0		1	0	1	1	1	
1	1	0	0	1		1	1	0	0	1		1	1	0	0	1		1	1	0	0	0	
1	1	0	1	1		1	1	0	1	1		1	1	0	1	1		1	1	0	1	1	
1	1	1	0	1		1	1	1	0	1		1	1	1	0	1		1	1	1	0	1	
1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	

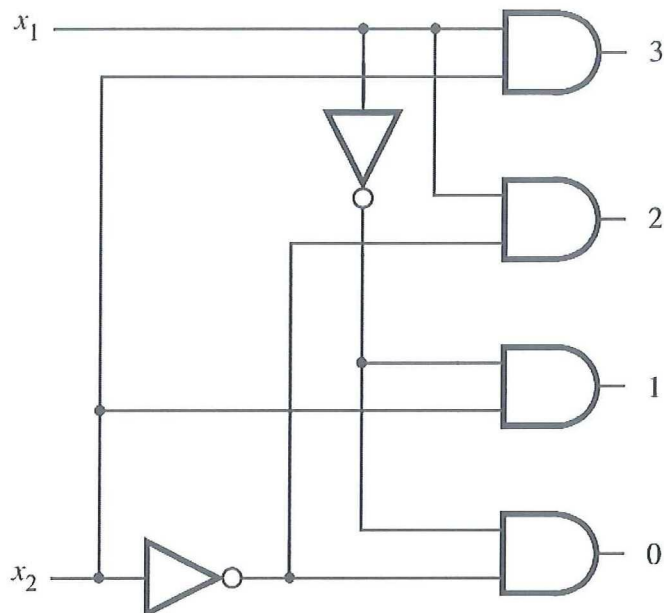
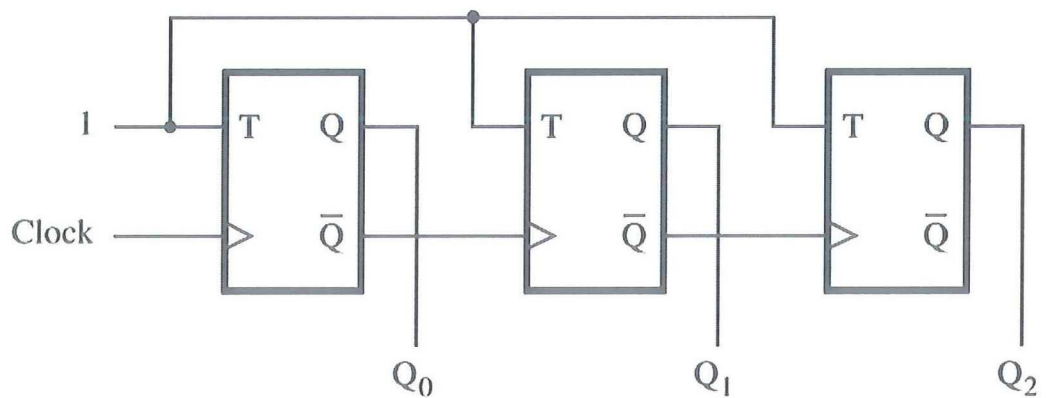
Opgave 2 / Exercise 2 (difficult)



Deze schakeling realiseert één van de volgende formules. Welke? / This digital circuit realizes one of the following functions. Which?

- a. $S = (x + y)(x + \bar{z})(\bar{y} + z)$
- b. $S = (x + z)(y + \bar{w})(z + w)$
- c. $S = (x + y)(y + \bar{z})(\bar{y} + z)$
- d. $S = (x + z)(\bar{y} + \bar{w})(\bar{w} + y)$

Opgave 3 / Exercise 3 (gift)



De bovenstaande schakelingen (circuits) zijn:

- Één Register en één Multiplexer.
- Één Counter en één Decoder.
- Één Multiplexer en één Counter.
- Één Decoder en één Register.

The circuits above are:

- One Register and one Multiplexer.
- One Counter and one Decoder.
- One Multiplexer and one Counter.
- One Decoder and one Register.

Opgave 4 / Exercise 4

De Karnaugh maps hieronder leiden tot een minimale som-van-producten met T termen en V variabelen. Wat zijn de juiste waarden van T en V ? / *The Karnaugh maps below reduce to a minimal sum-of-products with T terms and V variables. What are the values of T and V ?*

(I)

1	1	1	1
1	0	0	1
1	0	0	0
1	1	1	1

(II)

	D				
A	1	1	1	d	
	0	d	0	0	
	d	1	d	d	B
	1	d	1	d	
	C				

- | | (I) | (II) |
|----|---------|---------|
| a. | T=3 V=5 | T=2 V=3 |
| b. | T=3 V=4 | T=2 V=2 |
| c. | T=3 V=5 | T=2 V=2 |
| d. | T=3 V=6 | T=2 V=3 |

Opgave 5 / Exercise 5

Koppel de wet met zijn kernelement:

Couple the law with its core element:

- | | |
|--------------------|---------------------|
| (A) Moore's Law | (1) Costs |
| (B) Rock's Law | (2) Energy |
| (C) Koomey's Law | (3) Boolean algebra |
| (D) DeMorgan's Law | (4) Transistors |

- a. (A)-(4); (B)-(2); (C)-(3); (D)-(1).
- b. (A)-(4); (B)-(2); (C)-(1); (D)-(3).
- c. (A)-(1); (B)-(4); (C)-(2); (D)-(3).
- d. (A)-(4); (B)-(1); (C)-(2); (D)-(3).

Opgave 6 / Exercise 6

Welke van de onderstaande beweringen zijn juist? /

Which of the following statements are true?

- 1. $0000\ 1000\ 0000_2 = 200_8 = 128_{10} = 81_{16}$
- 2. $0000\ 1010\ 0010_2 = 242_8 = 162_{10} = A2_{16}$
- 3. $0011\ 1111\ 1000_2 = 1770_8 = 1016_{10} = 3F8_{16}$
- 4. $0100\ 0000\ 0000_2 = 2001_8 = 1024_{10} = 400_{16}$
- 5. $1000\ 0000\ 0000_2 = 4000_8 = 2048_{10} = 800_{16}$

(N.B.: de notatie 123_8 betekent: het in het 8-tallig talstelsel geschreven getal 123.)

(ATTN: The notation 123_8 means: the value 123 in octal representation.)

- a. 1, 5
- b. 2, 3, 5
- c. 1, 2, 3, 4
- d. 2, 3, 4, 5

Opgave 7 / Exercise 7 (difficult)

- (I) “ $C_n \text{ XOR } C_{n-1}$ ” geeft niet overflow aan voor integer optelling van 2's Complement getallen./ “ $C_n \text{ XOR } C_{n-1}$ ” does not indicate overflow for 2's Complement integer addition.
- (II) Beschouw de vermenigvuldiging van de volgende twee nummers weergegeven in 8-bit 2's-Complement:/
Consider the multiplication of the following two numbers represented in 8-bit 2's Complement:

0111 0011
0000 1111

Wat is het minimale aantal optel/aftrek operaties om deze vermenigvuldiging uit te voeren?/
What is the minimal number of addition/subtraction operations to perform this multiplication?

- | (I) | (II) |
|----------------------|-----------------|
| a. Onjuist/Incorrect | 1 of 2 / 1 or 2 |
| b. Juist/ Correct | 1 of 2 / 1 or 2 |
| c. Onjuist/Incorrect | 3 of 4 / 3 or 4 |
| d. Juist/Correct | 3 of 4 / 3 or 4 |

Opgave 8 / Exercise 8 (difficult)

Een 2-cijferig octaal getal wordt incorrect als decimaal getal geïnterpreteerd, en daardoor 4 (decimaal) te groot. Hoeveel was het te groot geweest als het incorrect hexadecimaal was geïnterpreteerd? /

A two-digit octal number is erroneously interpreted as a decimal number, and thus its value larger by 4 (decimal) units. How much larger would the value have been if the number would have been erroneously interpreted as a hexadecimal number?

- a. 16
- b. 24
- c. 32
- d. 48

Opgave 9 / Exercise 9 (gift)

Een meetsysteem registreert getallen die vaak oscilleren. Zo kan een reeks metingen leiden tot 10, -10, 10, -10, etc. Welke integer getalrepresentatie moet het systeem gebruiken? /

A measurement system records integer numbers that oscillate frequently. For example, a sequence of measurements could result in +10, -10, +10, -10, etc. Which integer representation should the system use?

- a. Sign-and-Magnitude
- b. One's Complement
- c. Two's Complement
- d. Excess-128

Opgave 10 / Exercise 10 (gift)

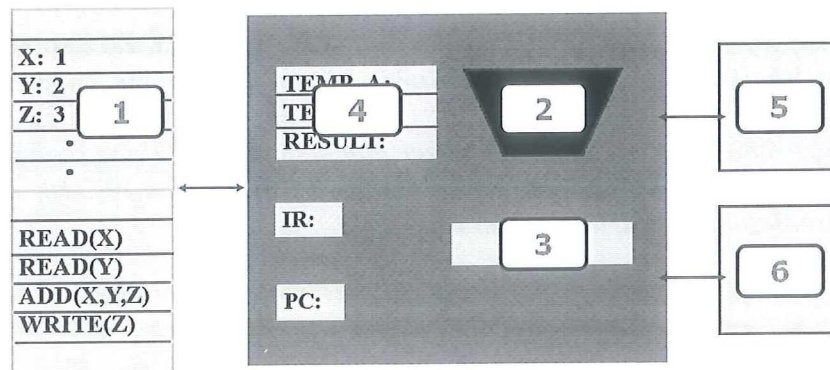
$S = 0 \ 11111111 \ 000000000000000000000000$

is een getal in IEEE754 floating point representatie. /
is a number in IEEE754 floating point representation.

Wat is de waarde van S? /
What is the value of S?

- a. $-\infty$
- b. $+\infty$
- c. +0
- d. NaN

Opgave 11 / Exercise 11 (gift)



Dit diagram toont de elementaire functionele eenheden (basic functional units) van een computer. Wat zijn eenheden 1-4? /

This diagram depicts the basic functional units of a computer. What are units 1-4?

1. Memory; 2. Interconnection network; 3. Control; 4. ALU.
1. Interconnection network; 2. ALU; 3. Registers; 4. Control.
1. Central Processing Unit; 2. Interconnection network; 3. Control; 4. Timing signals.
1. Memory; 2. ALU; 3. Control; 4. Registers.

Opgave 12 / Exercise 12

Hoeveel van deze assembly instructies (bron, bestemming):

How many of these assembly instructions (source, destination):

- Move #0x200, R0
- Move R1, R0
- Move (R1), R0
- Move 200(R1), R0

hebben als effect dat na executie register R0 de waarde 200 bevat, als voor executie register R1 en geheugenlocaties 0, 200 en 400 de volgende waarden bevatten:

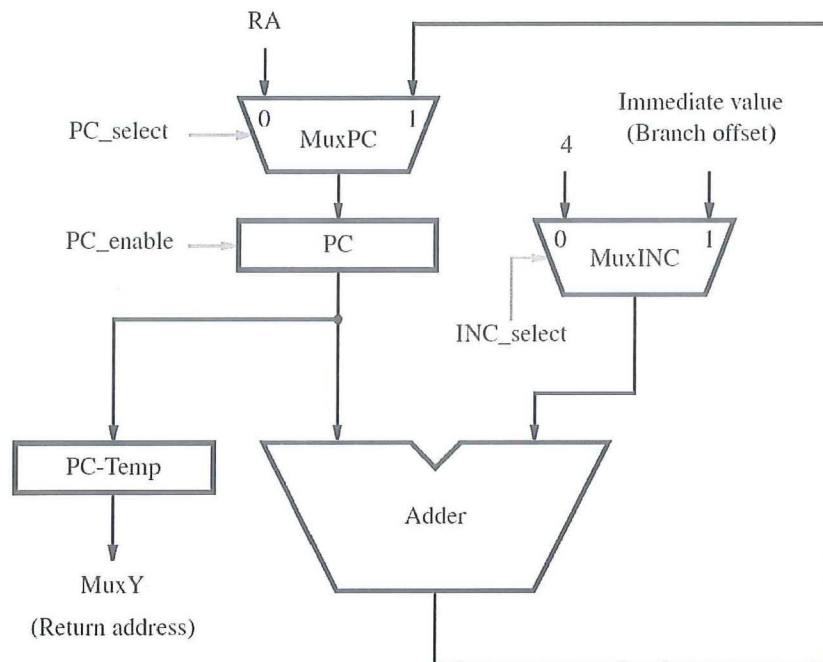
have as effect that after execution the register R0 contains the value 200, if before execution the registers R1 and the memory locations 0, 200 and 400 contain the following values:

- R1 : 0
- 0 : 400
- 200 : 400
- 400 : 200

- 0
- 1
- 2
- 3

Opgave 13 / Exercise 13

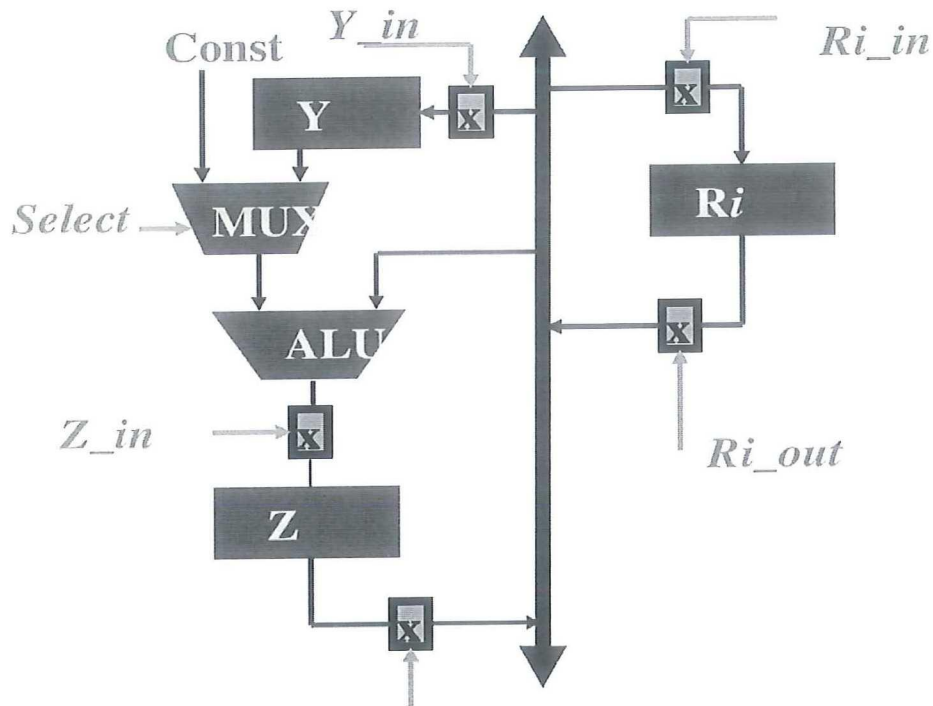
In de afbeelding hieronder: / In the image below:



- (I) In dit afbeelding, is `PC_select` een besturingssignaal dat ofwel de constante waarde 4 of de branch offset die aan de PC wordt toegevoegd selecteert. /
In this picture, `PC_select` is a control signal that selects either the constant 4 or the branch offset to be added to the PC.
- (II) `PC_enable` is een besturingssignaal dat veroorzaakt dat de uitgang van `MuxPC` in de PC wordt geladen./
`PC_enable` is a control signal that causes the output of `MuxPC` to be loaded into the PC.

- | (I) | (II) |
|------------------------|---------------------|
| a. juist / correct | juist / correct |
| b. onjuist / incorrect | juist / correct |
| c. juist / correct | onjuist / incorrect |
| d. onjuist / incorrect | onjuist / incorrect |

Opgave 14 / Exercise 14



Gegeven dat alle buffer operaties in één klokcyclus (clock cycle) worden afgerond,

(I) Hoeveel klokcycli zijn er nodig? en

(II) Wat is de stand van Ri_out , Ri_in , Y_in en Z_in tijdens de eerste klokcyclus, bij het uitvoeren van $Ri = Const$?

Assuming that all buffer operations are completed in one clock cycle each,

(I) How many clock cycles are needed? and

(II) What is the state of Ri_out , Ri_in , Y_in , and Z_in during the first clock cycle, when executing $Ri = Const$?

- | | (I) | (II) |
|----|---|-------------------------|
| a. | 2 | Ri_out, Y_in, Z_in |
| b. | 2 | Ri_out, Z_in |
| c. | 3 | Z_in, Ri_in |
| d. | Geen van de bovenstaande./ None of the above. | |

Opgave 15 / Exercise 15

De adresseringsbus van een computer heeft 16 adreslijnen, A15-A0. Gegeven dat het adres toegewezen aan een apparaat op deze bus hexadecimaal 0xAAAAE is en dat de adresdecoder van dit apparaat de lijnen A4 en A12 negeert, welk van de volgende adressen zal het apparaat dan niet naar luisteren?

The address bus of a computer has 16 address lines, A15-A0. If the hexadecimal address assigned to a device is 0xAAAAE and the address decoder for that device ignores lines A4 and A12, which of the following addresses will the device not respond to?

- a. 0xBABE
- b. 0xAABE
- c. 0xAAAAE
- d. 0xAAA6

Opgave 16 / Exercise 16

Welke van de volgende uitspraken zijn juist?
Which of the following sentences are correct?

- I. Cache geheugens maken de voorspelling van de executiesnelheid van programma's moeilijker. / *Cache memories make the prediction of the execution time of programs more difficult.*
- II. De "locality of reference" eigenschap van vele programma's betekent dat door het ophalen van meerdere items die op opeenvolgende adressen in het geheugen liggen en door ze in de cache te plaatsen zou leiden tot slechte prestaties. / *The "locality of reference" property of many programs means that fetching several items located at consecutive addresses in memory and placing them in the cache leads to bad performance.*

- | (I) | (II) |
|------------------------|---------------------|
| a. juist / correct | juist / correct |
| b. onjuist / incorrect | juist / correct |
| c. juist / correct | onjuist / incorrect |
| d. onjuist / incorrect | onjuist / incorrect |

Opgave 17/ Exercise 17

Een computer met een byte addressable hoofdgeheugen van 2MB maakt gebruik van een set-associative cache van 256KB. De blok grootte is 32 bytes en de tag ter identificatie van een blok in de cache bestaat uit 8 bits.

/

A computer with a byte addressable memory of 2MB is using a set-associative cache of 256KB. The block size is 32 bytes and the tag identifying a block in the cache is 8 bits.

Uit hoeveel bits bestaan respectievelijk de set en het word veld? /
How many bits are respectively the set and the word field?

- a. 8 & 5
- b. 8 & 6
- c. 9 & 5
- d. 16 & 6

Opgave 18 / Exercise 18 (difficult)

Een computer met een hoofdgeheugen van 1 GByte uitbreidbaar tot 4 GByte maakt gebruik van een 4 KByte set-associative cache, opgedeeld in 4 blokken per set en 64 bytes per blok. Het geheugen is per woord adresseerbaar en heeft een woordlengte van 32 bits. Neem aan dat de cache aanvankelijk leeg is en het gebruik maakt van het LRU replacement algorithm. Stel dat de processor 1088 woorden van elk vier bytes van opeenvolgende woord locaties haalt beginnend bij locatie 0. Het herhaalt deze fetch nog negen keer. De cache is 10 keer sneller dan het geheugen.. /

A computer with a main memory of 1 GByte, extensible up to 4 GBytes, uses a 4 KByte set-associative cache, with 4 blocks per set and 64 bytes per block. Memory is addressable by word and word length is 32 bits. Assume that the cache is initially empty and uses the LRU replacement algorithm. Suppose that the processor fetches 1088 words of four bytes each from successive word locations starting at location 0. It then repeats this fetch sequence nine more times. The cache is 10 times faster than the memory.

Wat is de verbeteringsfactor (f) als gevolg van het gebruik van de cache? ($f = \frac{t_m}{t_c}$, waar t_m de tijd is wanneer de cache niet gebruikt wordt en t_c is de tijd wanneer de cache wel gebruikt wordt).

What is the improvement factor (f) resulting from the use of the cache? ($f = \frac{t_m}{t_c}$, where t_m is the execution time when not using cache and t_c is the execution time when using cache).

- a. $0 < f \leq 0.5$
- b. $0.5 < f \leq 1$
- c. $1 < f \leq 2$
- d. Geen van de bovenstaande./ None of the above.

Opgave 19 / Exercise 19

Welke van de volgende uitspraken zijn juist?
Which of the following sentences are correct?

- I. “Superscalar operation” kan gebruik maken van meerdere pipelines tegelijkertijd. /
“Superscalar execution” can use several pipelines simultaneously.
- II. De volgende instructies van een programma, geschreven in de Intel (bron, bestemming) syntaxis, kunnen in parallel worden verwerkt door een “Superscalar processor”. /
The following instructions of a program, written in the Intel (source, destination) syntax, can be executed in parallel by a “Superscalar processor”.

ADD R4, R1
ADD R5, R1

- | | (I) | (II) |
|----|----------------------------|----------------------------|
| a. | juist / <i>correct</i> | juist / <i>correct</i> |
| b. | onjuist / <i>incorrect</i> | juist / <i>correct</i> |
| c. | juist / <i>correct</i> | onjuist / <i>incorrect</i> |
| d. | onjuist / <i>incorrect</i> | onjuist / <i>incorrect</i> |

Opgave 20 / Exercise 20 (gift)

Welke van de volgende uitspraken zijn juist?
Which of the following sentences are correct?

- (I) DMA verbetert systeem prestaties door het werken zonder voortdurende tussenkomst van de processor. / *DMA improves system performance by operating without continuous intervention from the processor.*
- (II) Memory-mapped I/O betekent dat I/O devices en geheugen gebruik maken van verschillende geheugen adresruimtes.
Memory-mapped I/O means that I/O devices and memory use different address spaces.

- | | (I) | (II) |
|----|----------------------------|----------------------------|
| a. | juist / <i>correct</i> | juist / <i>correct</i> |
| b. | juist / <i>correct</i> | onjuist / <i>incorrect</i> |
| c. | onjuist / <i>incorrect</i> | juist / <i>correct</i> |
| d. | onjuist / <i>incorrect</i> | onjuist / <i>incorrect</i> |

Opgave 21 / Exercise 21

Beschouw de formule voor de prestatie van een generiek programma:
Consider the performance equation of a generic program:

$$\text{Time/Program} = \underset{\text{(Term 1)}}{\text{Time/Cycle}} \cdot \underset{\text{(Term 2)}}{\text{Cycles/Instruction}} \cdot \underset{\text{(Term 3)}}{\text{Instructions/Program}}$$

Welke van de volgende uitspraken zijn juist?
Which of the following sentences are correct?

- I. RISC architectures verhogen in het algemeen term 1 van de vergelijking. /
RISC architectures in general increase term 1 of the equation.
- II. CISC architectures verminderen in het algemeen term 2 van de vergelijking. /
CISC architectures in general reduce term 2 of the equation.
- III. CISC architectures verminderen in het algemeen term 3 van de vergelijking. /
CISC architectures in general reduce term 3 of the equation.

	(I)	(II)	(III)
a.	onjuist / <i>incorrect</i>	juist / <i>correct</i>	juist / <i>correct</i>
b.	juist / <i>correct</i>	juist / <i>correct</i>	onjuist / <i>incorrect</i>
c.	juist / <i>correct</i>	onjuist / <i>incorrect</i>	onjuist / <i>incorrect</i>
d.	onjuist / <i>incorrect</i>	onjuist / <i>incorrect</i>	juist / <i>correct</i>

Opgave 22 / Exercise 22

Beschouw de volgende beweringen:/
Consider the following statements

- I. Crossbar koppelingen tussen processors worden in de praktijk gebruikt voor Uniform Memory Access (UMA), maar niet voor NUMA systemen./
Crossbar interconnections between processors are used in practice in Uniform Memory Access (UMA), but not in NUMA systems.
- II. Het UMA wordt zo genoemd omdat iedere processor evenveel geheugen heeft./
The UMA is so called because each processor has the same amount of memory.

Deze beweringen zijn: / *These statements are:*

	(I)	(II)
a.	juist / <i>correct</i>	juist / <i>correct</i>
b.	juist / <i>correct</i>	onjuist / <i>incorrect</i>
c.	onjuist / <i>incorrect</i>	juist / <i>correct</i>
d.	onjuist / <i>incorrect</i>	onjuist / <i>incorrect</i>

Opgave 23 / Exercise 23 (gift)

Hoeveel switches heeft een crossbar koppeling met 65,536 processoren en 1,024 geheugen chips? /

How many switches does a crossbar interconnection network with 64 processors and 1,024 memory chips?

- a. 1,024
- b. $1,024 \cdot 1,024$
- c. $65,536 \cdot 1,024$
- d. $65,536 \cdot 65,536 \cdot 1,024 \cdot 1,024$

Opgave 24 / Exercise 24 (difficult)

Om een lastig roosteringsprobleem op te lossen, besluit je een algoritme te schrijven dat simpelweg alle mogelijkheden afgaat. Het uitvoeren van deze code gaat echter vrij langzaam en duurt 24 uur! Als goed programmeur probeer je dit te verhelpen en ben je begonnen je code te paralleliseren. Gezien je het vak Parallel Algorithms echter nog niet hebt gehad, gaat dit vrij moeizaam. Het resultaat is dat 30% van je code seriële code blijft. Je hebt geen idee hoe je dit percentage lager kunt krijgen, dus besluit je om dan maar meer geld te gebruiken om het probleem sneller op te lossen. Gebruik Amdahl's Law om te bepalen hoeveel processoren (P) je moet kopen om de code in minder dan 8 uur te kunnen uitvoeren.

/

To solve a pretty tough scheduling problem, you decide to write an algorithm that simply tries all possible schedules. Unfortunately executing the codes takes a long time, lasting 24 hours! As a good programmer you decide to remedy this by parallelising your code. Unfortunately you haven't taken the Parallel Algorithms course yet, so you struggle a bit with how to do this. The result is that 30% of your code remains serial code. You have no idea on how to lower this percentage further, so instead you decide to throw money at the problem. Use Amdahl's Law to determine the number of processors (P) you need to buy to let the code run in less than 8 hours.

- a. $P < 5$
- b. $5 \leq P < 10$
- c. $10 \leq P < 20$
- d. $20 \leq P$

Opgave 25 / Exercise 25

	Move	R5, #N	R5 is the loop counter.
LOOP:	Load	R6, (R3)	R3 points to an element in array B.
	Load	R7, (R4)	R4 points to an element in array C.
	Add	R6, R6, R7	Add a pair of elements from the arrays.
	Store	R6, (R2)	R2 points to an element in array A.
	Add	R2, R2, #4	Increment the three array pointers.
	Add	R3, R3, #4	
	Add	R4, R4, #4	
	Subtract	R5, R5, #1	Decrement the loop counter.
	Branch_if_[R5]> 0	LOOP	Repeat the loop if not finished.

(b) Assembly-language instructions for the loop

	Move	R5, #N	R5 counts the number of elements to process.
LOOP:	VectorLoad.S	V0, (R3)	Load L elements from array B.
	VectorLoad.S	V1, (R4)	Load L elements from array C.
	VectorAdd.S	V0, V0, V1	Add L pairs of elements from the arrays.
	VectorStore.S	V0, (R2)	Store L elements to array A.
	Add	R2, R2, #4*L	Increment the array pointers by L words.
	Add	R3, R3, #4*L	
	Add	R4, R4, #4*L	
	Subtract	R5, R5, #L	Decrement the loop counter by L .
	Branch_if_[R5]> 0	LOOP	Repeat the loop if not finished.

(c) Vectorized form of the loop

Neem aan, dat voor de sequentiële en vectorized (parallelized) code hierboven, elke instructie 1 cyclus duurt om uit te voeren en dat $N = 1,048,576$. Wat is de versnelling door vectorisatie voor vector lengtes $L = 2$ en $L = 16$? /

For the sequential and vectorized (parallelized) codes in the figure, assume each instruction takes 1 cycle to execute and $N=1,048,576$. What is the speedup of vectorization for vector lengths $L=2$ and $L=16$?

- a. ~ 1 & ~ 32
- b. ~ 2 & ~ 16
- c. ~ 4 & ~ 8
- d. Geen van de bovenstaande./ *None of the above.*

Aanwijzingen bij het invullen van de antwoordformulieren:

- Vul het antwoordformulier in met **potlood** (uitgummen mag) of **pen** (beslist **geen rode pen** gebruiken en **geen doorhalingen**);
 - Vergeet niet uw **naam**, **vakcode** en **studentnummer** in te vullen;
 - Vul uw **studentnummer ook in streepjes** in en controleer of u dit goed gedaan hebt;
 - Schrijf in het gedeelte tussen de dikke zwarte strepen **niet buiten de hokjes**.
-

Instructions for filling in the answer sheet:

- *Fill in the correct answer with **pencil** (erasing allowed) or **pen** (no red pen and no corrections);*
 - *Do not forget to fill in your **name**, **course code**, and **student number**.*
 - *Fill in the **student id** (the number), in cursive and in the designated boxes, and check that you have done this correctly;*
 - *Write **inside the area of the boxes**.*
-

EIND/THE END
