

Programming Basics

Editor: Martijn Stegeman

November 22, 2019

Copyright 2019 by Martijn Stegeman at the University of Amsterdam.
All rights reserved.

Contents

1	Calculations	5
1.1	Calculations using whole numbers	6
1.2	Precedence rules	8
1.3	Calculations using multiple kinds of numbers	10
2	Logic	13
2.1	Propositions	14
2.2	Logic operations	16
2.3	Writing: conditions	18
3	Variables	21
3.1	Variables	22
3.2	Writing: algorithms for swapping	24
4	Conditional statements	27
4.1	Tracing conditional statements	28
4.2	Tracing with multiple variables	30
4.3	Defaulting	32
5	Repetition using while	35
5.1	Tracing while-loops	36
5.2	Complex conditions	38
5.3	Multiple variables	40
6	Repetition using for	43
6.1	Counting loops	44
6.2	Tracing for-loops	46
6.3	For and while loops	48

7	Algorithms: sequences	51
7.1	Sequences	52
7.2	More complex sequences	54
7.3	Filtering sequences	56
8	Strings	59
8.1	Indexing into strings	60
8.2	Repetition and strings	62
8.3	More repetition with strings	64
9	Arrays	67
9.1	Arrays	68
9.2	Mutating arrays	70
9.3	Repetition and arrays	72
10	Functions	75
10.1	Functions that print	76
10.2	Parameters	78
10.3	Calling functions with variables	80
11	Functions that calculate	83
11.1	Functions that return something	84
11.2	Functions that call other functions	86

Chapter 1

Calculations

1.1 Calculations using whole numbers

Evaluate the following expressions.

1.1

- a. $1 \div 5$
- b. $2 \div 6$
- c. $3 \div 8$
- d. $4 \div 5$
- e. $5 \div 6$

1.3

- a. $3 \div 1$
- b. $7 \div 2$
- c. $7 \div 3$
- d. $5 \div 4$
- e. $8 \div 5$

1.5

- a. $2 \div 1$
- b. $6 \div 2$
- c. $12 \div 3$
- d. $8 \div 4$
- e. $25 \div 5$

1.7

- a. $3 \div 8$
- b. $4 \div 2$
- c. $8 \div 9$
- d. $1 \div 2$
- e. $5 \div 7$

1.9

- a. $14 \div 11$
- b. $16 \div 14$
- c. $5 \div 16$
- d. $20 \div 12$
- e. $15 \div 17$

1.2

- a. $1 \div 5$
- b. $2 \div 6$
- c. $3 \div 8$
- d. $4 \div 5$
- e. $5 \div 6$

1.4

- a. $3 \div 1$
- b. $7 \div 2$
- c. $7 \div 3$
- d. $5 \div 4$
- e. $8 \div 5$

1.6

- a. $2 \div 1$
- b. $6 \div 2$
- c. $12 \div 3$
- d. $8 \div 4$
- e. $25 \div 5$

1.8

- a. $3 \div 8$
- b. $4 \div 2$
- c. $8 \div 9$
- d. $1 \div 2$
- e. $5 \div 7$

1.10

- a. $14 \div 11$
- b. $16 \div 14$
- c. $5 \div 16$
- d. $20 \div 12$
- e. $15 \div 17$

Expressions An expression is a combination of numbers and operations. Such an expression may be *evaluated* using the mathematical rules that you may already know. For example:

expression	evaluates to
4	4
5	5
4 + 5	9
4 * 5	20

Next to the more familiar operations we will explain several exceptions and particulars that come into play when doing calculations using a computer.

Integer division Computers treat *integers*, or whole numbers, differently from *floats*, numbers with a decimal point. In most situations you can expect similar results, but there are some differences. The first difference is division: the expression $1 / 2$ surprisingly evaluates to 0. This is because division of two integers is interpreted as asking the following question: *how often does the number 2 fit into the number 1?* In the following table, we list the results of dividing some numbers by 3.

x	0	1	2	3	4	5	6	7
x / 3	0	0	0	1	1	1	2	2

Modulo An operation that you might not know is modulo, often written as %. This operation nicely complements the integer division; for example, in the case of an expression like $5 \% 2$, we should answer the following question: *2 fits 2 times into 5, how much is then left?* The answer is 1. In the following table, we list the the results of performing a modulo 3 for some numbers. When you compare it to the previous table, you should see that it does indeed list what is “left” after performing an integer division.

x	0	1	2	3	4	5	6	7
x % 3	0	1	2	0	1	2	0	1

Divisibility We call an integer *divisible* by another integer if the result of taking the modulo is 0, or in other words: if nothing is left after the division.

1.2 Precedence rules

Evaluate the following expressions. Note the different rules that may apply.

1.11

- a. $1 / 8 * 5$
- b. $5 * 3 * 6$
- c. $1 * 7 / 2$
- d. $5 / 5 / 5$
- e. $7 / 6 / 9$

1.13

- a. $7 + 6 * 9$
- b. $7 - 5 * 3$
- c. $7 * 2 - 7$
- d. $5 / 1 + 5$
- e. $3 / 4 + 3$

1.15

- a. $(2 + 3) / 4$
- b. $3 / (4 - 3)$
- c. $(5 - 3) * 1$
- d. $6 / (1 - 7)$
- e. $(1 + 8) * 8$

1.17

- a. $(8 - 5) \% 5 \% 8 - 3$
- b. $1 \% 9 - 3 - 4 \% 9$
- c. $2 - (7 / 7) - 3 / 4$
- d. $8 + 2 * 6 * 8 + 3$
- e. $4 \% 2 - 7 \% 1 - 3$

1.19

- a. $3 / 2 - 1 / 9 - 6$
- b. $9 + (7 * 3) * 4 + 9$
- c. $3 \% 3 - 4 - 3 \% 9$
- d. $1 / 6 - 7 / (3 - 2)$
- e. $8 * 7 + 6 + 2 * 4$

1.12

- a. $5 \% 1 / 3$
- b. $8 \% 5 \% 8$
- c. $3 \% 1 / 8$
- d. $8 / 8 \% 1$
- e. $7 \% 8 / 6$

1.14

- a. $1 / 5 + 6$
- b. $2 / 9 - 2$
- c. $6 - 8 / 8$
- d. $2 * 7 + 3$
- e. $8 - 6 * 1$

1.16

- a. $4 * (1 - 1)$
- b. $(1 - 9) / 3$
- c. $4 * (9 + 1)$
- d. $(1 - 3) / 9$
- e. $6 * (1 - 2)$

1.18

- a. $5 + 1 * 9 + 9 * 4$
- b. $8 * 4 - 7 * 1 - 6$
- c. $8 \% (9 - 6) \% 3 - 3$
- d. $7 \% 2 - 8 \% 7 - 8$
- e. $2 / 7 + 3 + (2 / 2)$

1.20

- a. $8 \% 3 - 6 \% 5 - 6$
- b. $5 * 9 + 8 * (4 + 6)$
- c. $5 + 7 * 1 + 4 * 9$
- d. $(3 - 5) * 4 - 7 * 8$
- e. $5 - 2 * 8 * 6 - 5$

Order of evaluation When expressions contain more than a single operator, the order of evaluation becomes important. We will formulate a few rules that define what comes first when evaluating such expressions.

The main rule is that, when we are dealing with two operators of the same kind, the operations are performed *left to right*. For example:

$$1 / 2 / 2 \quad \text{gives} \quad 0 / 2 \quad \text{gives} \quad 0$$

Should you evaluate this expression the other way around, so from right to left, you will see that this will give you a wholly different result: 1. So, following these rules is important, especially when division or modulo are involved.

Operator precedence Programming languages define a list of precedence rules for operators, in order to leave no ambiguity as to the outcome of calculations. In most cases, the rules are the same as in modern mathematics. For now, we can define the following groups for basic calculations:

1. any parts of the expression contained between parentheses come first
2. then come the arithmetic operators $*$, $/$ and $\%$
3. and finally the operations $+$ and $-$ will be performed

This list does not define what you should do if you, for example, encounter an expression containing multiplication $*$ and division $/$. In such a case, where two operators are from the same group, you should default to the from-left-to-right rule.

1.3 Calculations using multiple kinds of numbers

Evaluate the following expressions. Also note the type of the result.

1.21

- a. $1.0 - 1.5$
- b. $1.0 / 1.0$
- c. $1.0 + 1.5$
- d. $0.5 + 0.5$
- e. $1.0 * 1.0$

1.23

- a. $0.5 - 0.75$
- b. $1 / 2.0$
- c. $0.5 / 0.25$
- d. $1 - 1.5$
- e. $3 * 1.5$

1.25

- a. $2 - 2 + 2$
- b. $2 / 4 * 3.0$
- c. $0.5 * 2 / 4$
- d. $1.0 - 2 / 6$
- e. $1.5 * 3.0 - 3$

1.27

- a. $2 + 3.0 + 3.0$
- b. $0.5 / 1.0 + 1$
- c. $1.0 * 4 * 1.0$
- d. $2 - 2 + 6$
- e. $1.5 + 6 / 1.5$

1.29

- a. $1 + 1.5 + 3$
- b. $1 - 3 - 0.5$
- c. $2 + 2 + 2.0$
- d. $3 - 1.5 * 4.5$
- e. $2 / 2.0 + 2.0$

1.22

- a. $0.5 - 1.0 * 1.5$
- b. $0.5 + 0.5 * 1.5$
- c. $0.5 * 1.0 + 1.0$
- d. $1.5 - 0.5 * 1.0$
- e. $1.0 / 0.5 + 1.5$

1.24

- a. $2 - 2.0$
- b. $0.5 + 0.75$
- c. $1.0 / 1.0$
- d. $1 * 1.5$
- e. $1 + 0.5$

1.26

- a. $3 + 3 - 3$
- b. $1.0 - 6 + 2.0$
- c. $3 + 4.5 * 9$
- d. $0.5 - 2 * 3$
- e. $1 - 0.5 * 1.5$

1.28

- a. $3 - 9 + 1.5$
- b. $3 - 4 * 4$
- c. $1.5 + 3.0 / 6$
- d. $3 * 6 / 6$
- e. $1.0 * 2.0 / 4$

1.30

- a. $1.0 / 2.0 * 6$
- b. $2 + 2.0 + 6$
- c. $2 + 2.0 + 2.0$
- d. $1.5 * 6 - 6$
- e. $3 + 4.5 + 9$

Floats Numbers with a decimal point, or *floating point numbers*, generally work as you would expect from mathematics. Notably, dividing floats like $1.0 / 2.0$ gives 0.5 .

Automatic conversion In expressions you may encounter combinations of floats and integers. This requires a decision as to what rule to apply. Often, this is solved by doing automatic conversion: if only a single float is involved, the other number (an integer) will be converted to a float, too. The result of the operation will then also be a float.

Note that precedence rules still define what happens first: the expression $3 / 2 + 0.25$ evaluates to 1.25 . First, the subexpression $3 / 2$ is evaluated, giving the integer 1 . Then, 1 and 0.25 are to be added. Only then does the automatic conversion kick in, making the result a float: 1.25 .

Chapter 2

Logic

2.1 Propositions

Evaluate the following propositions to true or false.

2.1

- a. $3 == 2$
- b. $1 != 1$
- c. $3 == 4.0$
- d. $2.2 == 2$
- e. $1 != 2$

2.3

- a. $1.0 > 1.5$
- b. $3 > 1.5$
- c. $2 > 3.0$
- d. $1 > 1.5$
- e. $0.5 < 0.5$

2.5

- a. $3 == 1 / 1$
- b. $0.5 * 1 == 1.0$
- c. $2 + 1.0 <= 1.0$
- d. $1.0 / 0.5 <= 1$
- e. $1.0 >= 3 / 1.0$

2.7

- a. $1.5 / 0.5 == 3.0$
- b. $1 * 1.5 >= 3$
- c. $1.5 >= 1.0 * 1$
- d. $1 >= 2 - 1.0$
- e. $0.5 >= 2 + 3$

2.9

- a. $2 <= 0.5 * 3$
- b. $1.5 / 1.5 <= 1.5$
- c. $0.5 - 1.5 == 3$
- d. $0.5 - 1.0 >= 1$
- e. $3 == 0.5 - 3$

2.2

- a. $1.5 * 2 == 3.0$
- b. $6 == 6 * 6$
- c. $3.0 == 2 * 1.0$
- d. $4 == 2 * 2$
- e. $2 * 3.0 == 5.0$

2.4

- a. $1.0 <= 0.5$
- b. $1 >= 0.5$
- c. $1 >= 3.0$
- d. $1.5 >= 0.75$
- e. $1 >= 1.5$

2.6

- a. $1.0 <= 2 - 0.5$
- b. $3 >= 2 + 3$
- c. $2 == 3 - 1.5$
- d. $1.0 <= 0.5 - 1$
- e. $1.5 - 1.0 >= 1.5$

2.8

- a. $1.5 == 1 * 1.5$
- b. $1.0 / 2 == 1.5$
- c. $3 - 1 == 2$
- d. $0.5 + 0.5 >= 3$
- e. $1.5 == 1 + 2$

2.10

- a. $1.0 + 1 >= 2$
- b. $1 <= 1.0 / 1.5$
- c. $1.0 + 1 == 1$
- d. $1 == 1.5 * 1$
- e. $2 >= 3 * 3$

Propositions are true or false For propositions like $4 == 5$ we can decide if they are *true*. The number 4 does not equal 5, which makes this proposition not true, or *false*. There are six important ways to formulate a proposition:

operator	meaning
<code>==</code>	equals
<code>!=</code>	does not equal
<code><</code>	is smaller than
<code>></code>	is larger than
<code><=</code>	is smaller than or equal to
<code>>=</code>	is larger than or equal to

Each proposition formulated using one of these operators can evaluate to one of two values: true or false. These values are called *booleans*¹. Expressions that evaluate to true or false are called *boolean expressions*.

Precedence rules Like with arithmetic operations, propositional operations are subject to rules of precedence.

1. any parts of the expression contained between parentheses come first
2. then come the arithmetic operators `*` and `+` (note the rules that apply between those!)
3. and finally the operations `>`, `<`, `==`, `!=`, `>=`, `<=` will be performed

Mixing floats and integers Propositions can contain integers as well as floats. If an integer is compared to a floating point number, automatic conversion takes place, making the integer into a float.

¹After George Boole, who appears to be the first to develop an algebraic system for logic in the 19th century.

2.2 Logic operations

Evaluate the following propositions to true or false.

2.11

- a. `true && 2 >= 2`
- b. `1 >= 1.0 && true`
- c. `2 >= 2 && false`
- d. `true && 3 <= 1`
- e. `2 >= 3 && false`

2.13

- a. `false && !(1.5 == 0.5)`
- b. `true && !(1 <= 1.5)`
- c. `!(1.0 <= 1.0) || true`
- d. `!(1 >= 1) || true`
- e. `false || !(1 <= 3)`

2.15

- a. `1.0 <= 2 && 1.0 <= 0.5`
- b. `!(1 <= 1.0) && 2 <= 3`
- c. `1.0 <= 2 && 2 >= 0.5`
- d. `!(3 == 1.0) || 2 >= 1`
- e. `3 >= 2 || 1.0 <= 3`

2.17

- a. `3 >= 1 || 2 <= 1`
- b. `1 == 0.5 || 1.5 == 1.5`
- c. `2 <= 0.5 || 1.0 >= 1`
- d. `1.5 >= 3 && !(3 <= 1.5)`
- e. `!(0.5 >= 0.5) || 3 <= 0.5`

2.19

- a. `3 >= 2 || 2 >= 1.0`
- b. `1.0 >= 1.0 || 1.0 >= 1.5`
- c. `1.5 >= 1.5 && !(2 <= 3)`
- d. `!(1.0 == 3) || 3 >= 1.0`
- e. `1 >= 1.5 || 2 == 1.0`

2.12

- a. `false || 3 >= 2`
- b. `0.5 == 1.5 || true`
- c. `2 <= 1.5 || false`
- d. `1 <= 1.0 || true`
- e. `0.5 == 1.5 || true`

2.14

- a. `1 >= 3 || !(0.5 == 0.5)`
- b. `2 >= 1.0 || 2 <= 1.5`
- c. `1.0 == 2 || 3 >= 1`
- d. `1.5 <= 2 || !(3 >= 1.5)`
- e. `0.5 == 1.0 && 1.0 >= 1.0`

2.16

- a. `0.5 <= 2 || !(2 >= 0.5)`
- b. `2 <= 1.5 && 1 <= 3`
- c. `3 >= 0.5 || 1.0 >= 0.5`
- d. `1 <= 1.5 || 3 >= 1`
- e. `!(1.5 == 3) || 1 <= 1`

2.18

- a. `!(0.5 <= 2) && 1.0 >= 0.5`
- b. `2 <= 1.5 && 1.0 <= 3`
- c. `1.5 == 1 && !(1.5 >= 3)`
- d. `!(0.5 >= 0.5) || 1 == 1.5`
- e. `!(3 <= 1.5) || 2 >= 0.5`

2.20

- a. `2 <= 2 && !(3 == 1)`
- b. `3 >= 1.5 && 1 >= 1`
- c. `1.0 <= 3 && 3 >= 1.5`
- d. `!(3 <= 1.0) && 1.0 == 1.5`
- e. `1.5 >= 2 || 1.5 == 1`

Logic operations The values `true` and `false`, or any boolean expressions, may be combined into more complex expressions using logic operations. We introduce three.

And This operation, written as `&&`, requires both operands (TODO) to be `true` in order to yield `true` itself. The behavior of the operator can be described using a truth table:

expression	yields
<code>true && true</code>	<code>true</code>
<code>true && false</code>	<code>false</code>
<code>false && true</code>	<code>false</code>
<code>false && false</code>	<code>false</code>

Or This operation is written as `||`, and requires only one of the operands to be `true` in order to yield `true`.

expression	yields
<code>true true</code>	<code>true</code>
<code>true false</code>	<code>true</code>
<code>false true</code>	<code>true</code>
<code>false false</code>	<code>false</code>

Not A boolean expression's value can be negated, which is expressed using an exclamation mark `!`.

expression	yields
<code>!true</code>	<code>false</code>
<code>!false</code>	<code>true</code>

Precedence The logic operations also have their place in the precedence hierarchy:

1. first, expressions in parentheses
2. then arithmetic operations like `+` `en` `*`
3. then boolean operations like `>`, `<`, `==`, `!=`, `>=`, `<=`
4. then `!`
5. then `||`
6. and finally `&&`

(Note that unlike `*` and `/`, the **and** and **or** operations are not in the same group.)

2.3 Writing: conditions

In the previous sections, you have *evaluated* expressions, calculating the outcome by applying rules. Here, we ask you to write expressions yourself. This is a more creative endeavour, and it may be hard to find the “right idea”. In that case, have a look at the previous sections for inspiration.

When writing such an expression, you can check it by applying the rules again. Write down your expression and try to evaluate it. You can even come up with a couple of concrete “test cases”, filling in the number n to see if the result is what you expect.

2.21 Write an expression that tests if a number n is smaller than 5.

2.22 Write an expression that tests if a number n is between 5 and 10 (both 5 and 10 included!).

2.23 Write an expression that tests if a number n is divisible by 3.

2.24 Write an expression that tests if a number n is *even*.

2.25 Write an expression that tests if a number n is *odd*.

2.26 For which values does the expression `!(n > 1 && !(n > 3)) && true` yield true?

2.27 The expression from the previous question may be written in more simply. Do this, and check if your simplified version is indeed equivalent to the original by checking if both yield the same value when substituting different values for `n`.

Chapter 3

Variables

3.1 Variables

Evaluate the following code fragments and write down the final value for all variables.

3.1

```
1 dey = 3 + 0.5
2 luo = 1.5
```

3.2

```
1 gog = 1 * 3
2 oer = 3 * 0.5
```

3.3

```
1 eli = 1.0
2 soc = 1.0 + 3
```

3.4

```
1 jon = 1.0 - 2
2 aus = 2 * 0.5
```

3.5

```
1 abe = 1.5 / 1.0
2 sir = abe / 0.5
```

3.6

```
1 vow = 2 * 1.5
2 nub = vow + 1.0
```

3.7

```
1 gup = 1 / 2
2 ley = gup * 2
```

3.8

```
1 tez = 1.5 + 1
2 nap = tez * 3
```

3.9

```
1 jib = 1.0 - 3
2 jib = 2 + 3
```

3.10

```
1 aus = 2 - 2
2 aus = 3 - 1.5
```

3.11

```
1 bam = 3 / 2
2 bam = 1.0 + 1.0
```

3.12

```
1 tye = 1.5 / 1.5
2 tye = 1 * 1
```

3.13

```
1 nam = 1 + 1
2 sob = 1.0 - 1.0
3 nam = nam * 2
4 off = sob / 0.5
5 off = nam / 3
6 off = off + 3
```

3.14

```
1 kaw = 2 * 1
2 kaw = 1.5 * 1.0
3 zan = kaw / 2
4 zan = kaw * 1
5 kaw = 3 + 0.5
6 kaw = zan / 1.5
```

3.15

```
1 ora = 2 / 1.0
2 ora = 1 - 0.5
3 ora = ora + 0.5
4 ora = ora / 4
5 quo = ora - 1
6 ora = ora - 3
```

3.16

```
1 gup = 3 + 0.5
2 gup = 1 + 1.0
3 han = 2 / 2
4 gup = gup + 0.5
5 han = gup - 1
6 han = gup + 1.0
```

3.17

```
1 lod = 2 / 2
2 lod = 2 * 3
3 nid = lod / 1.0
4 mou = lod * 3
5 lod = lod - 1
6 gyp = 0.5 - 3
```

3.18

```
1 iwa = 3 - 2
2 you = iwa + 2
3 way = iwa - 0.5
4 iwa = way - 1
5 iwa = 2 / 2
6 iwa = iwa + 0.5
```

3.19

```
1 oka = 3 - 1
2 oka = oka * 1
3 fei = oka * 1
4 oka = oka * 1.5
5 oka = oka * 1
6 oka = oka / 0.5
```

3.20

```
1 fae = 1 + 0.5
2 fae = fae - 1.0
3 fae = 2 * 0.5
4 fae = fae - 1.5
5 fae = 0.5 - 2
6 fae = fae + 2
```

Assignment In the following code fragment, a *value* is assigned to a *variable*:

```
het = 2.2
```

Upon executing that line of code, a variable is created with the name *het*, and it is assigned the value 2.2. This variable then becomes part of the *final state* after executing the code fragment. However, a code fragment can also contain multiple assignments below each other. In the following example, we assign three variables, each with their own name:

	ike	dev	wan
ike = 3.14	<div>3.14</div>		
dev = 3 / 4	3.14	<div>0</div>	
wan = 0.75	3.14	0	<div>0.75</div>

On the left we show the lines of code that are executed. On the right, we keep track of what happens when executing each line: we *trace* the code fragment. As one variable is being assigned, we draw a box around the new value. On the lines below, that value is retained, which we show by copying the value down. By doing this for all lines, we can read the final state of all variables on the last line: *ike*, *dev* and *wan*, with their accompanying values.

Order It's possible to assign a value to a variable for a second time (or more often). The "old" value will be *overwritten*. This makes *order* of the program important: we always process the lines from top to bottom. Take a look at the following example.

	wei
wei = 1	<div>1</div>
wei = 4	<div>4</div>

The variable *wei* is assigned a value two times, as is shown by the two boxes that are drawn around the values. But the final state only consists of a single variable named *wei*, with value 4. The value 1 that was assigned earlier has disappeared when it was overwritten.

Variables in expressions Now that we have variables, we can also *use* them in calculations, referring to them by their name.

	hat	say
hat = 1	<div>1</div>	
say = hat + 4	1	<div>5</div>

The state after executing the final line of code consists of two variables: *hat* = 1 and *say* = 5.

3.2 Writing: algorithms for swapping

Swapping the values of variables We will now see how to combine a number of assignments to develop an *algorithm*. An algorithm is a general procedure that a computer can execute. It is general because it uses a number of variables that may be assigned numbers or other data depending on the situation.

Let's develop an algorithm to swap the values of two variables,

a = 54 and b = 29.

As a first intuition, you might think to assign the value of b to a, and the value of a to b. An algorithm might then look like this:

a = b
b = a

Let's trace the algorithm. We take two starting values for a and b, and then we show the effect on these two variables *line by line*. Like in the previous section, we use a box to show which variable is changed on which line of code.

	a	b
	54	29
a = b	29	29
b = a	29	29

Now note that this is not the intended effect of the algorithm! Instead of swapping, the value of a is overwritten with b's original value, and now both contain the same number.

The problem is the following: on line three (TODO numbering), we would like to assign b the value of a, but at that point, a has already been overwritten. From this analysis we may have an intuition for a solution: we need to make sure that on line 3, the original value of a is still available. To do this, we need to introduce a third variable, which can "save" the value of a before it is overwritten.

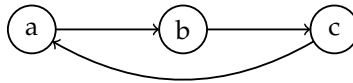
t = a
a = b
b = t

Tracing that modified program will look like this:

	a	b	t
	54	29	
t = a	54	29	54
a = b	29	29	54
b = t	29	54	54

Indeed, this is the expected result for swapping!

- 3.21 Write an algorithm that swaps the values of three variables, as illustrated below. After executing the algorithm, the old value of a should be in b, the old value of b should be in c, and the old value of c should be in a.



Note: you might substitute concrete numbers for a, b and c to think about this problem, but this is not necessary to create a generally useful algorithm.

- 3.22 Write an algorithm that swaps the values of four variables, as illustrated below.



- 3.23 Write an algorithm that swaps the values of four variables, as illustrated below.



Chapter 4

Conditional statements

4.1 Tracing conditional statements

Make a trace for each of the following code fragments. Also note the final value of the variable a.

4.1

```
1 a = 0
2 if(a == 0)
3     a = 10
4 a = a + 1
```

4.2

```
1 a = -1
2 if(a == 0)
3     a = 10
4 a = a + 1
```

4.3

```
1 a = 0
2 if(a < 0)
3     a = 10
```

4.4

```
1 a = 0
2 if(a > 0)
3     a = 10
```

4.5

```
1 a = 0
2 if(a <= 0)
3     a = 10
```

4.6

```
1 a = 0
2 if(a >= 0)
3     a = 10
```

4.7

```
1 a = 9
2 if(a % 3 == 0)
3     a = a * 2
```

4.8

```
1 a = 10
2 if(a % 3 == 0)
3     a = a * 2
```

4.9

```
1 a = -1
2 if(a < 0 || a > 10)
3     a = a * 2 - 1
```

4.10

```
1 a = 5
2 if(a > 0 && a % 2 == 0)
3     a = 0
```

Conditional statements The following code fragment contains a conditional statement, which starts with the keyword `if`. There is a requirement, or *condition*, which is `a < 10`. The statement on the following line has been indented (moved to the right) which will show that the statement is dependent on the `if`.

```
1  a = 0
2  if(a < 10)
3      a = a + 10
4  a = a - 1
```

We start the program on line 1 with the value `a = 0`. This means that on line 2, the condition `a < 10` has indeed been met. The result is that the instruction `a = a + 10` will be executed too. Line 4 is printed all the way to the left, which means that it is not a part of the conditional statement: it will be executed regardless. This means that the program finishes with the variable `a` having a value 9.

Tracing Like in the previous chapter we can trace the state of the variables. A trace for the previous code fragment looks like this:

	1	2	3	4
a	0	0	10	9

In the top row we print the program's line numbers. In the row below, we keep track of the variable `a`. In exactly three places, the value of `a` has a box: these are the lines where the value of the variable changed while tracing.

Failing condition In the code fragment below, we slightly changed the condition. In this case, at the moment of evaluating the condition, it yields `false`. Because the condition has not been met, the dependent line will be skipped. This means that the program finishes with the variable `a` having a value -1.

```
1  a = 0
2  if(a > 10)
3      a = a + 10
4  a = a - 1
```

And the trace:

	1	2	4
a	0	0	-1

4.2 Tracing with multiple variables

Make a trace for each of the following code fragments. Also note the final value of all variables.

4.11

```
1 a = 0
2 if(a != 0)
3     a = 10
4 a = a + 1
```

4.12

```
1 a = 0
2 if(a != 0)
3     a = 10
4     a = a + 1
```

4.13

```
1 a = 3
2 if(a <= 10)
3     a = 10
4     a = a * 2
```

4.14

```
1 a = 3
2 if(a <= 10)
3     a = 10
4 a = a * 2
```

4.15

```
1 a = 0
2 b = 9
3 if(a < b)
4     a = b
```

4.16

```
1 a = 0
2 b = 2
3 if(a < 0)
4     b = 8
```

4.17

```
1 a = 0
2 b = 2
3 if(a % 2 == 0 && b % 2 == 0)
4     a = -1
5 b = -2
```

4.18

```
1 a = 0
2 b = 3
3 if(a % 2 == 0 && b % 2 == 0)
4     a = -1
5 b = -2
```

4.19

```
1 a = 0
2 b = 2
3 if(a == b - 2 || a == b)
4     a = 6
5     b = 8
```

4.20

```
1 a = 4
2 b = -1
3 if(a == 0 && b < 0)
4     a = -2
5     b = -6
```

Meer afhankelijke instructies In the next code fragment, not one but two instructions are dependent on the if condition:

```
1  a = 0
2  if(a < 10)
3      a = a + 10
4      a = a * 2
```

The trace is quite like the one we did in the previous section:

	1	2	3	4
a	0	0	10	20

Multiple variables Here we again introduce the use of multiple variables in one program. This means that more information has to be tracked while tracing the program. Take a look at this fragment:

```
1  a = 1
2  b = 0
3  if(a > b)
4      c = a
5      a = b
6      b = c
```

To trace this program, we add rows for each variable that is in the program. The variables b and c are not initialized until later, which is why some of the values are blank.

	1	2	3	4	5	6
a	1	1	1	1	0	0
b		0	0	0	0	1
c				1	1	1

4.3 Defaulting

Make a trace for each of the following code fragments. Also note the final value of all variables.

4.21

```
1 a = 0
2 if(a == 0)
3     a = 10
4 else
5     a = -10
```

4.22

```
1 a = 1
2 if(a == 0)
3     a = 10
4 else
5     a = -10
```

4.23

```
1 a = -1
2 if(a < 0)
3     a = 7
4 else if (a > 2)
5     a = 8
6 else
7     a = 9
```

4.24

```
1 a = 1
2 if(a < 0)
3     a = 7
4 else if (a > 2)
5     a = 8
6 else
7     a = 9
```

4.25

```
1 a = 3
2 if(a < 0)
3     a = 7
4 else if (a > 2)
5     a = 8
6 else
7     a = 9
```

4.26

```
1 a = -1
2 if(a < 0)
3     a = 7
4 else if (a < 2)
5     a = 8
6 else
7     a = 9
```

4.27

```
1 a = 1
2 if(a < 0)
3     a = 7
4 else if (a < 2)
5     a = 8
6 else
7     a = 9
```

4.28

```
1 a = 3
2 if(a < 0)
3     a = 7
4 else if (a < 2)
5     a = 8
6 else
7     a = 9
```


else Bij een `if` kun je ook een `else` tegen komen. Met het commando `else` geven we aan wat moet gebeuren als *niet* aan de voorwaarde van de `if` is voldaan. De `else` hoort dus altijd bij de `if` die er vlak boven staat.

```
1  a = 1
2  if(a < 0)
3      a = a + 10
4  else
5      a = a - 10
```

Het bovenstaande programma geeft de volgende trace:

regel	1	2	4	5
a	1	1	1	-9

Merk op dat met een `if-else` altijd twee mogelijkheden worden beschreven: ofwel er is aan de voorwaarde voldaan, dus $a < 0$, ofwel a heeft een andere waarde, dus $a \geq 0$.

else if Om meer dan twee verschillende opties te beschrijven, kunnen met `else if` nog meer mogelijkheden worden toegevoegd. In het volgende programma zijn de drie mogelijkheden $a < 0$, $a > 0$ en resterend $a = 0$. Steeds is één afhankelijke instructie aanwezig, die uitgevoerd wordt als aan de juiste voorwaarde wordt voldaan.

```
1  a = 3
2  if(a < 0)
3      a = -1
4  else if(a > 0)
5      a = 1
6  else
7      a = 100
```

In dit geval start het programma met de waarde $a = 3$, en de trace ziet er als volgt uit:

regel	1	2	4	5
var a	3	3	3	1

Door meer dan één `else if` te gebruiken is het mogelijk om nog veel meer dan drie mogelijkheden te beschrijven. De `else` komt wel altijd als laatste; deze beschrijft immers de "laatste mogelijkheid".

Chapter 5

Repetition using `while`

5.1 Tracing while-loops

Evaluate the following code fragments and write down the final value for all variables. Make a trace-table if needed.

5.1

```
1 a = 0
2 while(a < 3)
3     a = a + 1
4 a = a * 2
```

5.2

```
1 a = -1
2 while(a < 4)
3     a = a + 2
4 a = a * 3
```

5.3

```
1 a = 0
2 while(a <= 6)
3     a = a + 2
4 a = a * 2
```

5.4

```
1 a = 2
2 while(a < 8)
3     a = a + 2
```

5.5

```
1 a = 16
2 while(a > 1)
3     a = a / 2
```

5.6

```
1 a = 2
2 while(a < 200)
3     a = a * a
```

5.7

```
1 a = 8
2 while(a < 18)
3     a = a / 2 + a
```

5.8

```
1 a = 0
2 while(a <= 15)
3     a = a * 2 + 1
```

5.9

```
1 a = 0
2 while(a >= -15)
3     a = a * 2 - 1
```

5.10

```
1 a = 1
2 while(a < 16)
3     a = a * -2
```

while-loops In het volgende fragment wordt de waarde van een variabele veranderd door middel van een *while-loop*:

```
1  a = 0
2  while(a < 2)
3      a = a + 1
4  a = a / 2
```

Bij het uitvoeren van dit stuk code wordt eerst een variabele aangemaakt met de naam *a*, die op dat moment de waarde 0 krijgt toegekend. Op de regel daarna zien we de term *while*, met daarna tussen haakjes (*a < 2*). De term geeft aan dat we het hier over een *while-loop* hebben. Het gedeelte tussen haakjes noemen we de *conditie* (of een *bewering*). Zolang de conditie *true* is, zal *alle* code die *binnen* de *while-loop* staat herhaald worden. Let dus op dat er ook meerdere regels code in de *while-loop* kunnen staan! De conditie wordt iedere keer maar éénmaal gecontroleerd: aan het begin van het codeblok dat binnen de *while-loop* wordt uitgevoerd.

Herhalende commando's traceren Natuurlijk kunnen we de effecten van deze code, net als voor variabelen, traceren. Voor het stuk code dat hierboven staat ziet dat er als volgt uit:

regel	1	2	3	2	3	2	4
var a	0	0	1	1	2	2	1
a < 2		true		true		false	

Bovenin de tabel staan de regelnummers die aangeven bij welke regel we op dat moment zijn. Onderin de tabel zetten we alle variabelen (in dit geval alleen *a*), met de waardes die ze hebben bij het respectievelijke regelnummer, en de conditie, met de uitkomst hiervan bij het respectievelijke regelnummer. Bij verandering zetten we een kader om de nieuwe waarde, en in de volgende kolommen nemen we alleen de waarde over. Bij het controleren van de conditie bekijken we het resultaat van de conditie (*true* of *false*).

Zoals je kan zien stopt het programma uiteindelijk met herhalen van de regels twee en drie. Dit gebeurt op regel twee wanneer de conditie (*a < 2*) niet meer waar is (*a* is namelijk 2, en is dus niet meer kleiner dan 2). De *while-loop* houdt dan op met herhalen, en de regel na de *while-loop* wordt uitgevoerd.

5.2 Complex conditions

Evaluate the following code fragments and write down the final value for all variables. Make a trace-table if needed.

5.11

```
1 a = 4
2 while(a == 4)
3     a = a + 1
```

5.12

```
1 a = 4
2 while(a == 4 || a == 5)
3     a = a + 1
```

5.13

```
1 a = 0
2 while(a + 1 < 4)
3     a = a + 1
```

5.14

```
1 a = 0
2 while(a != 4)
3     a = a + 2
```

5.15

```
1 a = 1
2 while(a != 5)
3     a = a + 2
```

5.16

```
1 a = 0
2 while(a != 4 && a < 8)
3     a = a + 2
```

5.17

```
1 a = 1
2 while(a != 4 && a < 8)
3     a = a + 2
```

5.18

```
1 a = 4
2 while(a + 1 != a * 2)
3     a = a - 1
```

5.19

```
1 a = 16
2 while(a < -2 || a > 2)
3     a = a / -2
```

5.20

```
1 a = 32
2 while(a < -2 || a > 2)
3     a = a / -2
```

Complexe condities In de opgaven hiernaast gebruiken weer complexere voorwaarden, bestaande uit beweringen en logische combinaties. Hieronder sommen we de regels voor zulke samengestelde beweringen nog eens op.

Beweringen

operatie	betekenis
==	is gelijk aan
!=	is niet gelijk aan
<	is kleiner dan
>	is groter dan
<=	is kleiner dan of gelijk aan
>=	is groter dan of gelijk aan

Logische combinaties

expressie	geeft	expressie	geeft
true && false	false	true false	true
true && true	true	true true	true
false && true	false	false true	true
false && false	false	false false	false

Ontkenning

!true geeft false en !false geeft true

Vergeet bovendien niet de prioriteitsregels voor het rekenen.

5.3 Multiple variables

Evaluate the following code fragments and write down the final value for all variables. Make a trace-table if needed.

5.21

```
1 a = 0
2 b = 0
3 while(a < 2)
4     b = b + 2
5     a = a + 1
```

5.22

```
1 a = 0
2 b = 0
3 while(a < 2)
4     a = a + 1
5     b = a * 2
```

5.23

```
1 a = 0
2 b = 0
3 while(a < 2)
4     a = a + 1
5     b = a - 2
```

5.24

```
1 a = 0
2 b = 1
3 while(a > -2)
4     a = a - 1
5     b = b * 2
```

5.25

```
1 a = 2
2 b = 1
3 while(a >= b)
4     a = a + 1
5     b = b * 2
```

5.26

```
1 a = 0
2 b = 0
3 while(a <= 8)
4     a = b * 2
5     b = b + 1
```

5.27

```
1 a = 0
2 b = 0
3 while(a < 6 && b < 2)
4     a = a + 2
5     b = b++
```

5.28

```
1 a = 0
2 b = 0
3 while(a < 6 || b < 2)
4     a = a + 2
5     b = b++
```


Meerdere variabelen traceren We kunnen `while`-loops ook traceren als er meerdere variabelen in het spel zijn. Kijk naar het volgende codefragment:

```

1  a = 0
2  b = 0
3  while(a < 2)
4      a = a + 1
5      b = b + 1
6  a = 42

```

De bijbehorende trace er als volgt uit:

regel	1	2	3	4	5	3	4	5	3	6
var a	0	0	0	1	1	1	2	2	2	42
var b		0	0	0	1	1	1	2	2	2
a < 2			true			true			false	

Increment In loops is het vaak zo dat je een teller hebt, een variabele die je bij elke iteratie eentje wil ophogen. Omdat dit zo vaak voorkomt hebben veel programmeertalen hier een speciale operatie voor: `++`. De opdracht `i++` is equivalent aan `i = i + 1`. De tegenhanger hiervan is `--`. Hiermee verlagen we `i` juist met 1.

Chapter 6

Repetition using for

6.1 Counting loops

Write down what is printed when running each of the following code fragments.

6.1

```
1 i = 0
2 while(i < 3)
3     print(i)
4     i++
```

6.2

```
1 i = 12
2 while(i < 15)
3     print(i)
4     i++
```

6.3

```
1 i = 3
2 while(i >= 0)
3     print(i)
4     i--
```

6.4

```
1 i = 14
2 while(i > 10)
3     print(i)
4     i--
```

6.5

```
1 for(i = 0; i < 3; i++)
2     print(i)
```

6.6

```
1 for(i = 3; i >= 0; i--)
2     print(i)
```

6.7

```
1 i = 12
2 for(; i < 15 ; i++)
3     print(i)
```

6.8

```
1 i = 14
2 for(; i > 10; i--)
3     print(i)
```

6.9

```
1 for(i = 14; i >= 10; )
2     i--
3     print(i)
```

6.10

```
1 for(i = 8; i <= 10;)
2     i++
3     print(i)
```

6.11

```
1 for(i = 14; i >= 8; i = i - 2)
2     print(i)
```

6.12

```
1 for(i = 0; i < 10; i = i + 2)
2     print(i)
```

For-loops Onderstaand codefragment print de getallen 0 t/m 9 met een while-loop.

```
1 i = 0
2 while(i < 10)
3     print(i)
4     i++
```

Zoals je misschien is opgevallen bevatten veel loop-constructies min of meer dezelfde ingrediënten: Een **initialisatie** ($i = 0$), een **conditie** ($i < 10$), en een **update** ($i++$). Omdat dit patroon zo veel voorkomt, hebben de meeste programmeertalen hier een speciale constructie voor: de for-loop. Het onderstaande stukje code laat precies hetzelfde programma zien, maar dan geschreven als een for-loop.

```
1 for(i = 0; i < 10; i++)
2     print(i)
```

De for-loop bevat dezelfde drie ingrediënten als de while-loop: De initialisatie ($i = 0$), de conditie ($i < 10$), en de update ($i++$). De initialisatie ($i = 0$), wordt alleen de eerste keer uitgevoerd. De conditie ($i < 10$) wordt elke keer voor het begin van de iteratie uitgevoerd. De update ($i++$) wordt elke keer *aan het einde* van de iteratie uitgevoerd. Dus, de volgorde van executie in dit voorbeeld:

- regel 1, $i = 0$ (initialisatie)
- regel 1, $i < 10$ (conditie)
- regel 2, $\text{print}(i)$
- regel 1, $i++$ (update)
- regel 1, $i < 10$ (conditie)
- regel 2, $\text{print}(i)$
- etc.

Het lastige hierbij is dat regel 1 van de for-loop dus eigenlijk 3 verschillende commando's heeft, die ook op verschillende momenten worden uitgevoerd. De makkelijkste manier om te zien hoe een for-loop wordt uitgevoerd is door hem te vertalen naar een while-loop:

```
for(<init>; <conditie>; <update>)
    <inhoud van loop>

while(<conditie>)
    <inhoud van loop>
    <update>
```

6.2 Tracing for-loops

Evaluate the following code fragments and write down the final value for all variables. Make a trace-table if needed.

6.13

```
1 for(i = 0; i < 3; i++)  
2     a = i * 2
```

6.14

```
1 for(i = 3; i >= 0; i--)  
2     a = i * 2
```

6.15

```
1 for(i = 3; i >= 0; i = i - 1)  
2     a = i * 2
```

6.16

```
1 a = 16  
2 for(i = 0; i < 3; i = i + 1)  
3     a = a / 2
```

6.17

```
1 a = 16  
2 for(i = 0; i <= 2; i = i + 1)  
3     a = a / 2
```

6.18

```
1 a = 1  
2 for(i = 2; i <= 8; i = i * 2)  
3     a = a + 1
```

6.19

```
1 a = 0  
2 for(i = 1; a < 3; i = i * 2)  
3     a = a + 1
```

6.20

```
1 for(i = 0; i < 6; i = i + 1)  
2     i = i + 1
```

For-loops traceren In het volgende stuk code wordt de waarde van een variabele veranderd binnen een for-loop:

```
1  a = -10
2  for(i = 0; i < 2; i++)
3      a = i * 2
4  a = a + 6
```

Als we dit fragment willen traceren hebben we een probleem. Regel 2 bestaat eigenlijk uit meerdere opdrachten: initialisatie ($i = 0$), conditie ($i < 2$) en update ($i++$). We kunnen dit expliciet opnemen in de trace:

regel	1	2	2	3	2	2	3	2	2	4
		(i = 0)	(i < 2)		(i++)	(i < 2)		(i++)	(i < 2)	
var i		0	0	0	1	1	1	2	2	
var a	-10	-10	-10	0	0	0	2	2	2	8
i < 2			true			true			false	

We hebben in dit voorbeeld voor de duidelijkheid de betreffende commando's onder de labels van de for-loop gezet en de waarheidswaarden van conditie expliciet gemaakt. Je kan dit natuurlijk ook wat beknopter opschrijven:

regel	1	2	2	3	2	2	3	2	2	4
var i		0	0	0	1	1	1	2	2	
var a	-10	-10	-10	0	0	0	2	2	2	8

6.3 For and while loops

Rewrite these for-loops as while-loops.

6.21

```
1 b = 8
2 for(a = 5; a > 3; a = a - 1)
3     b = b / 2
```

6.22

```
1 for(e = 0; e < 4; e = e + 1)
2     print(e)
```

6.23

```
1 for(i = 4; i >= 0; i = i - 1)
2     print(i)
```

6.24

```
1 b = 0
2 for(i = 0; i < 4; i = i + 2)
3     b = i * 2
```

Rewrite these while-loops as for-loops.

6.25

```
1 a = 1
2 while(a < 6)
3     print(a)
4     a = a + 2
```

6.26

```
1 a = 8
2 b = 0
3 while(a > 1)
4     b = b + 1
5     a = a / 2
```

6.27

```
1 a = 8
2 b = 0
3 while(b < 3)
4     a = a / 2
5     b = b + 1
```

6.28

```
1 a = 8
2 b = 0
3 while(a > 1 || b <= 3)
4     b = b + 1
5     a = a / 2
6     print(a)
```


Herschrijven Dit is de vergelijking van for- en while-loops die je al gezien hebt:

	<code><init></code>
<code>for(<init>; <conditie>; <update>)</code>	<code>while(<conditie>)</code>
<code> <inhoud van loop></code>	<code> <inhoud van loop></code>
	<code> <update></code>

Die kun je gebruiken om for-loops naar while-loops om te zetten en andersom. Als je dit doet, kun je beide versies traceren en de uitkomst vergelijken. Zo weet je dat het omzetten precies is gelukt.

Chapter 7

Algorithms: sequences

7.1 Sequences

7.1 Schrijf een algoritme dat de eerste 10 waarden van de volgende reeks print.

0 2 4 6 8 10 ...

7.2 Schrijf een algoritme dat de eerste 12 waarden van de volgende reeks print.

1 3 5 7 9 11 ...

7.3 Schrijf een algoritme dat de eerste 7 waarden van de volgende reeks print.

4 5 6 7 8 9 ...

7.4 Schrijf een algoritme dat de eerste 9 waarden van de volgende reeks print.

4 8 12 14 16 ...

7.5 Schrijf een algoritme dat de eerste 10 waarden van de volgende reeks print.

0 1 4 9 16 25 36 ...

7.6 Schrijf een algoritme dat de eerste 15 waarden van de volgende reeks print.

1 2 5 10 17 26 37 ...

7.7 Schrijf een algoritme dat de eerste 9 waarden van de volgende reeks print.

5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3 ...

Standaard-reeksen Met een loop kun je reeksen getallen printen. Met de volgende for-loop printen we de getallen 0 tot en met 9:

<pre>for(i = 0; i < 10; i++) print(i)</pre>		0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
--	--	------------------------------

Om andere reeksen te printen moet je achterhalen wat de regelmaat in de reeks is. Vaak kun je je loop dan baseren op het voorbeeld hierboven. Wil je bijvoorbeeld tien getallen uit de reeks 0, 4, 8, 12, 16, ... printen, dan zou je kunnen opmerken dat elk van die getallen steeds vier keer zo groot is als het getal uit de reeks hierboven. Dus kunnen we ons programma zo aanpassen:

<pre>for(i = 0; i < 10; i++) print(i * 4)</pre>		0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36
--	--	-------------------------------------

Voor de reeks 1, 2, 3, 4, ... kunnen we het volgende programma gebruiken. Vergelijk het weer met het eerste programma hierboven:

<pre>for(i = 0; i < 10; i++) print(i + 1)</pre>		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
--	--	-------------------------------

Aantal stappen Je kunt de lengte van de reeks variëren door de conditie van de loop zelf aan te passen. Met $i < 10$ printen we 10 getallen, maar dat kan net zo goed een ander aantal zijn.

Traceren Om te controleren of de programma's kloppen, kun je een trace maken. Je hoeft waarschijnlijk niet de hele loop uit te schrijven; een aantal stappen is genoeg, zolang je kunt verifiëren dat de eerste paar getallen precies kloppen.

7.2 More complex sequences

7.8 Schrijf een algoritme dat de eerste 12 waarden van de volgende reeks print.

1 2 4 8 16 ...

7.9 Schrijf een algoritme dat de eerste 7 waarden van de volgende reeks print.

1 3 9 27 81 ...

7.10 Schrijf een algoritme dat de eerste 10 waarden van de volgende reeks print.

2 4 6 8 10 ...

7.11 Schrijf een algoritme dat de eerste 9 waarden van de volgende reeks print.

16 8 4 2 1 0 0 ...

7.12 Schrijf een algoritme dat de eerste 10 waarden van de volgende reeks print.

1000 100 10 1 0 0 ...

7.13 Schrijf een algoritme dat de eerste 7 waarden van de volgende reeks print.

21 10 5 2 1 0 0 ...

7.14 Schrijf een algoritme dat de eerste 9 waarden van de volgende reeks print.

5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3 ...

Standaard-reeksen De volgende reeks is niet zomaar af te leiden uit de reeksen in het vorige hoofdstuk:

1 2 4 8 16 32 ...

Elk getal van de reeks is het voorgaande getal, keer 2. Om de reeks te genereren, introduceren we daarom een aparte variabele `getal`, waarin we de tussenstand van de berekening bijhouden. De tussenstand vermenigvuldigen we steeds met 2, en dan printen we het resultaat:

```
getal = 1
for(i = 0; i < 10; i++)
    print(getal)
    getal = getal * 2
```

Vergeet niet je uitwerkingen te traceren.

7.3 Filtering sequences

7.15 Schrijf een algoritme dat de eerste 14 waarden van de volgende reeks print.

1 2 * 4 5 * 7 8 * 10 ...

7.16 Schrijf een algoritme dat de eerste 12 waarden van de volgende reeks print.

1 2 3! 4 5 6! 7 8 9! 10 ...

7.17 Schrijf een algoritme dat de laatste 12 waarden van de volgende reeks print.

... 0 16 14 0 10 8 0 4 2 0

7.18 Schrijf een algoritme dat de eerste 12 waarden van de volgende reeks print.

1 2 # 8 16 # 64 128 # 512 ...

7.19 Schrijf een algoritme dat de eerste 12 waarden van de volgende reeks print.

1 2 2 8 16 5 64 128 8 512 ...

Filter Neem de volgende reeks:

* 2 4 * 8 10 * 14 16 * ...

De reeks lijkt erg op de eenvoudige standaardreeks, maar elk getal dat deelbaar is door 3, is vervangen door een *. Om deze reeks te genereren, gebruiken we een if-else:

```
for(i = 0; i < 10; i++)
    getal = i * 2
    if(getal % 3 == 0)
        print("*")
    else
        print(getal)
```


Chapter 8

Strings

8.1 Indexing into strings

Write down what is printed when running each of the following code fragments.

8.1

```
1 s = "Hello, world!"
2 print(s[0])
```

8.2

```
2 print(s[4])
```

8.3

```
2 print(s[5])
```

8.4

```
2 print(s[6])
```

8.5

```
1 s = "Hello, world!"
2 print(s[11])
```

8.6

```
2 print(s[10 + 1])
```

8.7

```
2 a = 2
3 print(s[a])
```

8.8

```
1 s = "von Neumann"
2 x = 5
3 print(s[x])
```

8.9

```
1 s = "Fourier"
2 foo = 3 * 2
3 print(s[foo])
```

8.10

```
1 s = "Fourier"
2 muz = 3
3 print(s[muz * 2])
```

8.11

```
1 s = "Riemann"
2 fol = 5
3 print(s[fol / 2])
```

8.12

```
1 s = "Laplace"
2 dal = 2
3 print(s[5 / dal + 1])
```

8.13

```
1 s = "Hamilton"
2 alb = length(s)
3 print(s[alb * 2])
```

8.14

```
1 s = "Kolmogorov"
2 kul = length(s)
3 print(s[kul / 2])
```

8.15

```
1 s = "Bernoulli"
2 lop = length(s)/2
3 print(s[lop])
```

8.16

```
1 s = "Wrap"
2 len = length(s)
3 print(s[2 % len])
```

8.17

```
1 s = "Wrap"
2 len = length(s)
3 print(s[3 % len])
```

8.18

```
1 s = "Wrap"
2 len = length(s)
3 print(s[4 % len])
```

Strings Een string bestaat uit losse *tekens* of *characters*. We definiëren een string *s* die bestaat uit 13 tekens:

```
s = "Hello, world!"
```

De tekens in zo'n string hebben een *positie* of *index*. Daarbij wordt altijd vanaf 0 geteld:

teken	H	e	l	l	o	,		w	o	r	l	d	!
index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Indexering We kunnen de losse tekens van een string ophalen door te indexeren:

```
s = "Hello, world!"  
print(s[1])  
e
```

Dit stukje code print het onderdeel van de string "Hello, world!" dat zich bevindt op plaats 1. Omdat we vanaf 0 tellen, is dit de letter *e*, zoals in de tabel hierboven.

Variabelen als index We kunnen natuurlijk ook prima variabelen of expressies gebruiken als index van een string:

```
s = "Hello, world!"  
i = 7  
print(s[(i - 1) / 2])  
l
```

Grenzen Lezen of schrijven buiten de grenzen van een string levert een *out of bounds*-fout op of een *segmentation fault*. Bijvoorbeeld bij het opvragen van de waarde op positie 10 van de string "Error". Hou de grenzen dus goed in de gaten!

8.2 Repetition and strings

Write down what is printed when running each of the following code fragments. Make a trace-table if needed.

8.19

```
1 s = "Hello, world!"
2 i = 0
3 len = length(s)
4 while(i < len)
5     print(s[i])
6     i = i + 1
```

8.20

```
1 s = "Hello, world!"
2 i = 0
3 len = length(s)
4 while(i < len)
5     print(s[i])
6     i = i + 2
```

8.21

```
1 s = "Hello, world!"
2 i = length(s) - 1
3 while(i >= 0)
4     print(s[i])
5     i = i - 1
```

8.22

```
1 s = "Hello, world!"
2 l = length(s)
3 for(i = 0; i < l; i = i + 1)
4     print(s[i])
```

8.23

```
1 s = "guret"
2 l = length(s)
3 for(i = l - 1; i >= 0; i = i - 1)
4     print(s[i])
```

8.24

```
1 s = "!yenskle!s"
2 l = length(s)
3 for(i = 1; i < l; i = i * 2)
4     print(s[i])
```

8.25

```
1 s = "ok craab  borg"
2 for(i = 13; i >= 0; i = i - 2)
3     print(s[i])
```

8.26

```
1 s = "inn dreaxx"
2 for(i = 0; i < 5; i = i + 1)
3     print(s[i * 2])
```

8.27

```
s = "args"
for(i = 0; i < 6; i = i + 1)
    print(s[i / 2])
```

8.28

```
s = "hi!"
len = length(s)
for(i = 0; i < 6; i = i + 1)
    print(s[i % len])
```

8.29

```
s = "h!i"
len = length(s)
for(i = 0; i < 12; i = i + 2)
    print(s[i % len])
```

Herhaling en strings Je kan strings natuurlijk ook combineren met loops.

```

1 s = "Hsopil"
2 i = 0
3 len = length(s)
4 while(i < len)
5     print(s[i])
6     i = i + 2

```

Op regel 3 wordt het commando `length` gebruikt om de lengte van de string `s` te bepalen (in dit geval 6). Vrijwel alle programmeertalen hebben zo een ingebouwde opdracht.

Als we willen weten wat er geprint wordt tijdens het uitvoeren van deze code kunnen we, net als in eerdere hoofdstukken, een trace maken. Voor dat we dat doen, is het handig om eerste een tabel te maken met de indices van string `s`:

index	0	1	2	3	4	5
karakter	H	s	o	p	i	l

Trace In de trace willen we bijhouden wat de waarde van de variabele `i` is en wat er geprint wordt. Voor het gemak houden we ook de waarde van `s[i]` bij. Om de trace een beetje compact te houden laten we de waardes van de variabelen `s = "Hsopil"` en `len = 6` buiten beschouwing. Deze veranderen toch niet gedurende de loop.

regel	1	2	3	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4
var i		0	0	0	0	2	2	2	4	4	4	6	6
s[i]		H	H	H	H	o	o	o	i	i	i		
print					H			o			i		

Deze code print dus de text Hoi naar het scherm.

8.3 More repetition with strings

Write down what is printed when running each of the following code fragments. Make a trace-table if needed.

8.30

```
1 s1 = "Hlo ol"
2 s2 = "el, wrd"
3 i = 0
4 while(i < 6)
5     print(s1[i])
6     print(s2[i])
7     i = i + 1
```

8.31

```
1 s1 = "asedm"
2 s2 = "!artm"
3 i = 0
4 while(i < 5)
5     print(s1[i])
6     print(s2[5 - i])
7     i = i + 1
```

8.32

```
1 i = 0
2 s = "srblcabe"
3 while(i < 4)
4     print(s[i])
5     print(s[i + 4])
6     i = i + 1
```

8.33

```
1 s1 = "ab"
2 s2 = "123"
3 j = 1
4 for(i = 0; i < 2; i = i + 1)
5     print(s1[i])
6     print(s2[j])
7     j = j + 1
```

8.34

```
1 s1 = "ab"
2 s2 = "123"
3 for(i = 0; i < 3; i = i + 1)
4     print(s1[i / 2])
5     print(s2[i])
```

8.35

```
1 s = "args"
2 for(i = 0; i < 6; i = i + 1)
3     print(s[i / 3])
```

8.36

```
1 s = "hi!"
2 for(i = 0; s[i] != '!'; i = i + 1)
3     print(s[i])
```


Chapter 9

Arrays

9.1 Arrays

Write down what is printed when running each of the following code fragments. Make a trace-table if needed.

9.1

```
1 rop = [8, 5, 4]
2 print(rop[1])
```

9.2

```
1 fifi = [0.1, 3.1, 2.1]
2 print(fifi[2])
```

9.3

```
1 bol = ['x', 'b', 'g']
2 print(bol[0])
```

9.4

```
1 p = [16, 2, 0]
2 print(p[2 - 1])
```

9.5

```
1 aaa = [4, 2, 0]
2 print(aaa[10 % 3])
```

9.6

```
1 yup = [0.4, 0.3, 0.1]
2 print(yup[1 * 2])
```

9.7

```
1 uil = [8, 2, 0]
2 print(uil[2] - 1)
```

9.8

```
1 lala = [4, 10, 0]
2 print(lala[1] % 3)
```

9.9

```
1 tir = [0.4, 0.3, 0.1]
2 print(tir[1] * 2)
```

9.10

```
1 ala = [1, 2, 0]
2 i = 2
3 print(ala[i])
```

9.11

```
1 jul = [4.0, 2.5, 8.1]
2 a = 1
3 print(jul[a + 1])
```

9.12

```
1 j = [1.5, 1.2, 3.1]
2 vi = 2
3 print(j[vi] * 2)
```

9.13

```
1 u = [10, 14, 6]
2 t = 2
3 print(u[(t + 5) % 3])
```

9.14

```
1 hi = [4, 3, 2]
2 x = 1
3 print(hi[x * 2] + 2)
```

9.15

```
1 f = [14, 12]
2 l = 2
3 print(f[l + 11 % 2] % 6)
```

9.16

```
1 l = [13, 11]
2 i = 0
3 print(l[i] - l[i + 1])
```

9.17

```
1 lom = [11, 12, 13]
2 i = lom[0] % 3
3 print(lom[i] - 10)
```

9.18

```
1 s = "Wrap"
2 len = length(s)
3 print(s[4 % len])
```

Arrays In het volgende codefragment wordt een array van integers gedefiniëerd:

```
ooy = [5, 6, 7] → array van integers  
print(ooy[0]) → print '5'  
print(ooy[1]) → print '6'  
print(ooy[2]) → print '7'
```

De eerste regel maakt een array met de getallen 5, 6 en 7 en kent deze toe aan de variabele ooy. De regels eronder printen vervolgens de individuele elementen uit deze array. Let op, net als bij strings beginnen de indices van arrays met tellen bij 0.

Types Zoals je ziet, lijken arrays erg op strings. Dat is ook niet zo gek, een string is niets anders dan een array van karakters. Het grote verschil is dat we in een array getallen kunnen opslaan. We kunnen dus een array van integers of floating point getallen maken. De voorbeelden hieronder laten verschillende type arrays zien.

```
ooy = [5, 6, 7] → array van integers  
lia = [5.0, 6.0, 7.0] → array van floats  
aps = ['e', 'f', 'g'] → array van karakters (in veel talen equivalent aan een string)
```

Indices Je kan natuurlijk gewoon variabelen gebruiken voor de indices:

```
elk = [1, 2, 3]  
i = 1  
print(elk[i])
```

| print: 2

En, net als met strings, is het mogelijk om hele berekeningen te gebruiken als index:

```
das = [1, 2, 3]  
i = 1  
print(das[(i + 1) / 2])
```

| print: 2

9.2 Mutating arrays

Evaluate the following code fragments and write down the final value for all variables.

9.19

```
1 lop = [10, 20, 30]
2 lop[1] = 5
```

9.20

```
1 kol = ['a', 'o', 'i']
2 kol[0] = 'h'
```

9.21

```
1 fof = [0.1, 0.2, 0.3]
2 fof[2] = 1.0
```

9.22

```
1 dido = [20, 15, 10]
2 i = 0
3 dido[i] = 2
```

9.23

```
1 l = [5, 1, 2]
2 hil = 2
3 l[hil] = hil
```

9.24

```
1 l = [0.1, 0.2, 0.3]
2 hihi = 10 / 5
3 l[hihi / 2] = 1.0
```

9.25

```
1 yoyo = [2.0, 1.5, 1.0]
2 i = 0
3 yoyo[i] = yoyo[i + 1]
```

9.26

```
1 yoyo = [2.0, 1.5, 1.0]
2 i = 0
3 yoyo[i + 1] = yoyo[i]
```

9.27

```
1 yoyo = [2.0, 1.5, 1.0]
2 yoyo[0] = yoyo[1]
3 yoyo[1] = yoyo[2]
```

9.28

```
1 hipp = [42, 3, 101]
2 y = 1
3 hipp[y] = hipp[y] + 1
```

9.29

```
1 fle = [7, 6, 5]
2 s = 2
3 fle[s] = fle[s] * 2
```

9.30

```
1 k = [3.4, 2.0, 0.6]
2 m = 1
3 k[m - 1] = k[m + 1] / 2
```

9.31

```
1 r = [0, 0, 0, 0]
2 p = r[0]
3 r[p + 1] = r[p] + 1
```

9.32

```
1 zi = ['a', 'b', 'c']
2 p = 2
3 zi[(p + 1) % 3] = 's'
```

9.33

```
1 b = [false, true, false]
2 l = 0
3 b[l + 2] = b[0] || b[1]
```

9.34

```
1 rol = [1, 2, 3, 4]
2 o = 3
3 rol[o] = rol[o] % 4
```

9.35

```
1 j = [0, -1, -2]
2 v = j[1] + 2
3 j[v] = j[v] * 2
```

9.36

```
1 r = [4, 2, 0]
2 r[r[0] / 2] =
3     r[r[2 / 2] / 2] / 2
```

Aanpassen Arrays zijn modificeerbaar. Dat wil zeggen dat als we eenmaal een array hebben gemaakt, we later nog aanpassingen kunnen doen. Neem het volgende voorbeeld:

```
lan = [0, 0, 0]  
lan[1] = 5
```

Eerst maken we een array met drie nullen. Daarna maken we van het eerste element van de array een 5. Na het uitvoeren van dit codefragment is array `lan` \rightarrow `[0, 5, 0]`.

9.3 Repetition and arrays

Write down what is printed when running each of the following code fragments.

9.37

```
1 klo = [1, 2, 3, 4, 5]
2 l = length(klo)
3 for(i = 0; i < l; i = i + 1)
4     print(klo[i])
```

9.38

```
1 vlo = [1, 2, 3, 4, 5]
2 l = length(vlo)
3 for(i = l - 1; i >= 0; i = i - 1)
4     print(vlo[i])
```

9.39

```
1 tik = [1, 2, 3, 4, 5]
2 i = 0
3 while(tik[i] < 4)
4     print(tik[i])
5     i = i + 1
```

9.40

```
1 hal = [10, 20, 30]
2 i = 2
3 while(hal[i] / 10 > 1)
4     print(i)
5     i = i - 1
```

Evaluate the following code fragments and write down the final value for all variables.

9.41

```
1 lap = ['a', 'b', 'c', 'd', 'e']
2 l = length(lap)
3 for(i = l - 1; i >= 0; i = i - 1)
4     lap[i] = 'x'
```

9.42

```
1 gop = [4, 2, 5, 1, 8]
2 l = length(gop)
3 for(i = 0; i < l - 1; i = i + 1)
4     gop[i] = gop[i + 1]
```

9.43

```
1 gop = [4, 2, 5, 1, 8]
2 l = length(gop)
3 for(i = 0; i < l - 1; i = i + 1)
4     gop[i] = gop[i] + 1
```

9.44

```
1 gop = [4, 2, 5, 1, 8]
2 l = length(gop)
3 for(i = 0; i < l - 1; i = i + 1)
4     gop[i + 1] = gop[i]
```


Herhaling In de praktijk komen arrays veel voor in combinatie met loops.

```
1 eus = [0, 0, 0, 0]
2 for(i = 0; i < length(eus); i++)
3     eus[i] = i * 2
```

Na het uitvoeren van dit codefragment bevat array `eus` de waarden 0, 2, 4 en 6. Deze code maakt gebruik van het commando `length()` om de lengte van de array te bepalen. Let erop dat niet alle programmeertalen zo'n commando hebben (bijvoorbeeld de programmeertaal C). In zulke gevallen zal je als programmeur zelf de lengte van een array moeten bijhouden.

Chapter 10

Functions

10.1 Functions that print

Write down what is printed when running each of the following code fragments.

10.1

```
1 void baz():  
2     print("fly")  
3 baz()
```

10.2

```
1 void bar():  
2     print("jump")
```

10.3

```
1 void foo():  
2     print("fly")  
3 void bar():  
4     print("jump")  
5 foo()  
6 bar()  
7 bar()
```

10.4

```
1 void baz():  
2     print("jump")  
3 void foo():  
4     print("bicycle")  
5 baz()
```

10.5

```
1 void foo():  
2     print("pie")  
3 void baz():  
4     foo()  
5     print("bicycle")  
6 foo()  
7 baz()
```

10.6

```
1 void baz():  
2     bar()  
3     print("rainbow")  
4 void bar():  
5     print("fly")  
6 baz()
```

10.7

```
1 void foo():  
2     baz()  
3     print("cake")  
4 void baz():  
5     print("jump")  
6 baz()
```

10.8

```
1 void bar():  
2     print("bicycle")  
3 void baz():  
4     print("jump")  
5     bar()  
6 baz()
```

Functiedefinitie Bij functies onderscheiden we de *definitie*, waarin wordt beschreven wat de functie moet doen, van de *aanroep*, die vertelt dat de functie daadwerkelijk moet worden uitgevoerd. Dat betekent meteen dat als we een functie definiëren de functie niet direct wordt uitgevoerd. Een functiedefinitie ziet er in dit boek als volgt uit:

```
<type> <naam van functie>():  
    <inhoud van functie>
```

Voorlopig zullen we void invullen als <type>. In de praktijk is dat een functie die een opdracht uitvoert (zoals print). Een voorbeeld van een functie die iets doet:

```
void ding_printer():  
    print("iets")
```

Functieaanroep Van zichzelf doet een definitie niet anders dan een functie definiëren onder een gestelde naam. Het aanroepen van de functie gebeurt dan als volgt:

```
<naam van functie>()
```

Traceren Functieaanroepen kun je traceren. We starten bij de allereerste regel die geen functiedefinitie is, maar een aanroep, en van daar stappen we naar de functie die wordt aangeroepen. Om duidelijk te maken welke functies er zijn, hebben we de definities gemarkeerd met een streep in de kantlijn:

```
void baz():  
    ② bar()  
    ④ print("rainbow")  
void bar():  
    ③ print("fly")  
① baz()
```

Zo zie je in welke volgorde de twee print-statements worden uitgevoerd.

10.2 Parameters

Write down what is printed when running each of the following code fragments.

10.9

```
1 void hay(x):  
2     print(x)  
3 hay("fly")
```

10.10

```
1 void dal(y):  
2     print(y)  
3 dal("jump")
```

10.11

```
1 void eau(x, y):  
2     print(x / y)  
3 eau(10, 12)
```

10.12

```
1 void pow(y, x):  
2     print(x / y)  
3 pow(10, 12)
```

10.13

```
1 void gam(x, z):  
2     print(z / x)  
3 gam(10, 12)
```

10.14

```
1 void zek(x, z):  
2     print(x / z)  
3 zek(12, 10)
```

10.15

```
1 void eid(x, y, z):  
2     print(z / x)  
3 eid(10, 11, 12)
```

10.16

```
1 void ash(y, x, z):  
2     print(x / z)  
3 ash(12, 11, 10)
```

10.17

```
1 void bar(z, y, x):  
2     print(y / x * z)  
3 bar(10, 11, 12)
```

10.18

```
1 void duo(x, z, y):  
2     print(y / z)  
3 duo(12, 11, 10)
```

10.19

```
1 void oca(y, z, x):  
2     print(x / y)  
3 oca(10, 11, 12)
```

10.20

```
1 void tug(z, x, y):  
2     print(x / z * y)  
3 tug(12, 11, 10)
```

Parameters Functies hebben vaak parameters. Bij het aanroepen van de functie worden *concrete* waarden ingevuld voor deze parameters. Vanuit het perspectief van de functie, krijgen deze waarden namen die gespecificeerd staan in de *parameterlijst*. Zo hebben we deze definities:

```
void datum_1(dag, maand):          void datum_2(maand, dag):
    print(dag)                      print(dag)
    print(maand)                    print(maand)
```

In het eerste geval hebben we de parameters dag en maand. In het tweede geval maand en dag, in de omgekeerde volgorde. Deze volgorde heeft effect op hoe de meegegeven parameters behandeld worden. We roepen de functies aan in deze voorbeelden:

```
datum_1(21, 6)                      datum_2(6, 21)
```

De uitvoer is dan:

```
21                                  21
6                                  6
```

Traceren Het volgen van alle waarden bij een functie met parameters kan snel ingewikkeld worden. Daarom is het ook nu handig te traceren. Allereerst strepen we de functies aan (in dit geval ééntje). Dan markeren we de startregel met een pijltje.

```
| void ash(y, x, z): | ash(12, 11, 10) |
|   print(x / z)      | print 11/10 | 1
→ ash(12, 11, 10)
```

Op de startregel staat een functieaanroep. Deze aanroep nemen we over rechts van de functiedefinitie. De functiedefinitie nemen we ook over, maar we vullen alle waarden zo **concreet** mogelijk in. De parameters y, x en z hebben in de concrete versie waarden gekregen, dus vullen we die ook in op de print-regel.

Tot slot blijft er nog een berekening over in het print-statement. Als we die evalueren, krijgen we het getal dat er geprint zal worden.

10.3 Calling functions with variables

Write down what is printed when running each of the following code fragments.

10.21

```
1 void foo(x):  
2     print(x)  
3 inv = "fly"  
4 foo(inv)
```

10.22

```
1 void bar(name):  
2     print(name)  
3 foo = "skip"  
4 bar("jump")
```

10.23

```
1 var = "bear"  
2 void una(var):  
3     print(var)  
4 una(var)
```

10.24

```
1 name = "pieter"  
2 void greet(name):  
3     print("hello")  
4 greet(name)
```

10.25

```
1 x = 3  
2 y = 5  
3 void foo(a, b):  
4     print(a / b)  
5 foo(x, y)
```

10.26

```
1 x = 3  
2 y = 5  
3 void baz(y, x):  
4     print(x / y)  
5 baz(x, y)
```

10.27

```
1 x = 10  
2 void bar(x, z):  
3     print(z / x)  
4 bar(x, 12)
```

10.28

```
1 var1 = 2  
2 void dra(var1, var2):  
3     print(var1 + var2)  
4 dra(var1, 8)
```

10.29

```
1 x = "fly"  
2 var2 = "skip"  
3 void shout(var1, var2):  
4     print(var1 + var2)  
5 shout(x, "jump")
```

10.30

```
1 x = 3  
2 a = 2  
3 void magic(a, b):  
4     print(a - b)  
5 magic(x, a)
```


Aanroepen met variabelen Functies kunnen ook worden aangeroepen met variabelen als concrete waarden voor de parameters. Zo hebben we bijvoorbeeld de volgende functie:

```
void twice(text):  
    print(text)  
    print(text)
```

Als we deze functie als volgt aanroepen:

```
fruits = "pineapple blueberry"  
twice(fruits)
```

dan krijg je twee keer de tekst `pineapple blueberry` op je scherm geprint. De waarde van de variabele `fruits`, dat is de string `"pineapple blueberry"`, wordt namelijk meegegeven aan de functie `twice`. Op de regel met `twice(fruits)` wordt de huidige waarde van `fruits` ingevuld. Dit kan je je voorstellen alsof de regel veranderd wordt naar `twice("pineapple blueberry")`. Binnen de functie `twice` wordt de string `"pineapple blueberry"` toegewezen aan `text`. Daarna wordt die waarde geprint.

Ook bij het aanroepen van functies met variabelen maakt de volgorde van de parameters uit:

```
x = 10  
y = 40  
void minus(x, y):  
    print(x - y)  
minus(y, x)
```

Omdat de waarden van de variabelen worden meegegeven aan de functie wordt hier 30 geprint en niet -30. Je kan de regel `minus(y, x)` vervangen door `minus(40, 10)`, ofwel de waarden van de variabelen `x` en `y` op dat moment. Binnen de functie wordt de waarde 40 aan de variabele `x` en de waarde 10 aan de variabele `y` toegewezen. Dan wordt er `print(x - y)` uitgevoerd, ofwel `print(40 - 10)`.

Traceren We voegen nu expliciet een element aan de trace toe: het vervangen van de waarden in de functieaanroep. Bij de startregel strepen we de variabelenamen door, en vervangen deze door de waarden die eerder toegekend zijn. (Hierbij letten we nog helemaal *niet* op de functiedefinitie!)

```
x = 3  
y = 5  
| void baz(y, x): | baz(3,5):  
|   print(x / y) |   print 5/3 | ①  
→ baz(x3, y5)
```

Nu de concrete waarden ingevuld zijn, kunnen we de trace verder opschrijven zoals in de vorige paragraaf.

Chapter 11

Functions that calculate

11.1 Functions that return something

Write down what is printed when running each of the following code fragments.

11.1

```
1 string foo(x):  
2     return x  
3 print(foo("hard"))
```

11.2

```
1 string bar(name):  
2     return "jump"  
3 print(bar("hi"))
```

11.3

```
1 int foo(x, y):  
2     return x / y  
3 print(foo(10, 12))
```

11.4

```
1 int baz(y, x):  
2     return x / y  
3 print(baz(10, 12))
```

11.5

```
1 amd = 4  
2 float oei(dam, mad):  
3     return dam * mad + amd  
4 sim = oei(amd, amd)  
5 print(sim)
```

11.6

```
1 x = 1  
2 int una(x):  
3     return x + 1  
4 int zab(y):  
5     return y - 1  
6 print(zab(2) + una(x))
```

11.7

```
1 string mak(x, y, z):  
2     return y  
3 mis = "cal"  
4 res = mak("sol", mis, "toa")  
5 print(res)
```

11.8

```
1 void una(x, z):  
2     print(x / z)  
3 int kam(y):  
4     return y * 3  
5 print(una(kam(4), 10))
```

Retourneren *Retourneren* is een ander woord voor *teruggeven*. Het is mogelijk voor functies om een waarde terug te geven naar vanwaar de functie wordt uitgevoerd. Dit doe je met het commando `return`. De waarde die hier teruggegeven wordt noemen we ook wel het *resultaat* van de functie. Het resultaat van de functie vervangt als het ware de functieaanroep zelf. Dit werkt net als het gebruik van variabelen; die worden vervangen door hun waardes.

Types Helemaal in het begin van dit hoofdstuk lieten we het volgende zien:

```
<type> <naam van functie>():  
    <inhoud van functie>
```

Tot nog toe hebben we alleen `void` in de plaats van `<type>` gebruikt. `void` staat voor niets en dit betekent dat onze functie niets teruggeeft. Dan hoeft je dus ook geen `return` commando te geven. Als je wel iets wil teruggeven moet je het specifieke type aanduiden. In onze voorbeelden zullen we alleen de types `int`, `float`, en `string` gebruiken.

Traceren Functies die iets uitrekenen traceren we op vrijwel dezelfde manier als voorheen. Daar komt bij dat er iets *teruggaat* van de functie naar de startregel. In het volgende voorbeeld zie je dat de functie het getal 3 uitrekent en `returnt`. Dit kunnen we uiteindelijk invullen in de `print`.

```
| int das(x): | das(12):  
|   return x / 4 |   return 12/4 | 3  
→ print(das(12)) | print(3)
```

11.2 Functions that call other functions

Write down what is printed when running each of the following code fragments.

11.9

```
1 int gus(z, y)
2     return dim(z, y) / 2
3 int yap(z, x)
4     return gus(x, z) - 3
5 int dim(y, x)
6     return x + 4
7 x = 6
8 y = 4
9 print(yap(x, y))
```

11.10

```
1 int uru(x, y)
2     return 2 * y
3 int sal(z, y)
4     return 4 / uru(y, z)
5 int hit(z, x)
6     return 2 + sal(z, x)
7 y = 5
8 x = 6
9 print(hit(x, y))
```

11.11

```
1 int dip(y, x)
2     return y * 4
3 int mux(y, z)
4     return 5 / dip(y, z)
5 int bad(x, z)
6     return mux(z, x) + 3
7 y = 4
8 x = 5
9 print(bad(x, y))
```

11.12

```
1 int loo(y, z)
2     return z / 3
3 int aam(z, y)
4     return loo(y, z) * 6
5 int wah(y, z, x)
6     return aam(y, z) - 2
7 z = 2
8 x = 5
9 y = 4
10 print(wah(x, y, z))
```

11.13

```
1 int nae(z, y)
2     return 2 * y
3 int bus(x, z)
4     return nae(z, x) + 3
5 int ann(z, y, x)
6     return bus(y, z) / 2
7
8 y = 5
9 x = 3
10 z = 6
11 print(ann(x, y, z))
```

Traceren Als er sprake is van meerdere functies die iets uitrekenen, dan kan het traceren er als volgt uitzien.

```

| int fli(x):           | 4 fli(5):           | 5
|   return 2 + x       |   return 2+5       | 7
| int fla(y):          | 3 fla(5):          | 6 10-7 | 7 3
|   return 10 - fli(y) |   return 10-fli(5) |
| int flo(z):          | 2 flo(5):          | 8 2*3 | 9 6
|   return 2 * fla(z)  |   return 2*fla(5)  |
→ 1 print(flo(5))      | 10 print(6)

```

Met cijfers is aangegeven in welke volgorde de trace ingevuld wordt.

Answers

Exercises

1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
a. 0	a. 1	a. 3	a. 0	a. 2	a. 0	a. 0	a. 3	a. 1	a. 3
b. 0	b. 2	b. 3	b. 1	b. 3	b. 0	b. 2	b. 0	b. 1	b. 2
c. 0	c. 3	c. 2	c. 1	c. 4	c. 0	c. 0	c. 8	c. 0	c. 5
d. 0	d. 4	d. 1	d. 1	d. 2	d. 0	d. 0	d. 1	d. 1	d. 8
e. 0	e. 5	e. 1	e. 3	e. 5	e. 0	e. 0	e. 5	e. 0	e. 15

1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20
a. 0	a. 0	a. 61	a. 6	a. 1	a. 0	a. 0	a. 50	a. -5	a. -5
b. 90	b. 3	b. -8	b. -2	b. 3	b. -2	b. -6	b. 19	b. 102	b. 125
c. 3	c. 0	c. 7	c. 5	c. 2	c. 40	c. 1	c. -1	c. -7	c. 48
d. 0	d. 0	d. 10	d. 17	d. -1	d. 0	d. 107	d. -8	d. -7	d. -64
e. 0	e. 1	e. 3	e. 2	e. 72	e. -6	e. -3	e. 4	e. 70	e. -96

1.21	1.22	1.23	1.24	1.25
a. -0.5	a. -1.0	a. -0.25	a. 0.0	a. 2
b. 1.0	b. 1.25	b. 0.5	b. 1.25	b. 0.0
c. 2.5	c. 1.5	c. 2.0	c. 1.0	c. 0.25
d. 1.0	d. 1.0	d. -0.5	d. 1.5	d. 1.0
e. 1.0	e. 3.5	e. 4.5	e. 1.5	e. 1.5

1.26	1.27	1.28	1.29	1.30
a. 3	a. 8.0	a. -4.5	a. 5.5	a. 3.0
b. -3.0	b. 1.5	b. -13	b. -2.5	b. 10.0
c. 43.5	c. 4.0	c. 2.0	c. 6.0	c. 6.0
d. -5.5	d. 6	d. 3	d. -3.75	d. 3.0
e. 0.25	e. 5.5	e. 0.5	e. 3.0	e. 16.5

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 |
| a. FALSE | a. TRUE | a. FALSE | a. FALSE | a. FALSE |
| b. FALSE | b. FALSE | b. TRUE | b. TRUE | b. FALSE |
| c. FALSE | c. FALSE | c. FALSE | c. FALSE | c. FALSE |
| d. FALSE | d. TRUE | d. FALSE | d. TRUE | d. FALSE |
| e. TRUE | e. FALSE | e. FALSE | e. FALSE | e. FALSE |

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 2.10 |
| a. TRUE | a. TRUE | a. TRUE | a. FALSE | a. TRUE |
| b. FALSE | b. FALSE | b. FALSE | b. TRUE | b. FALSE |
| c. FALSE | c. TRUE | c. TRUE | c. FALSE | c. FALSE |
| d. FALSE | d. TRUE | d. FALSE | d. FALSE | d. FALSE |
| e. FALSE | e. FALSE | e. FALSE | e. FALSE | e. FALSE |

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2.11 | 2.12 | 2.13 | 2.14 | 2.15 |
| a. TRUE | a. TRUE | a. FALSE | a. FALSE | a. FALSE |
| b. TRUE | b. TRUE | b. FALSE | b. TRUE | b. FALSE |
| c. FALSE | c. FALSE | c. TRUE | c. TRUE | c. TRUE |
| d. FALSE | d. TRUE | d. TRUE | d. TRUE | d. TRUE |
| e. FALSE | e. TRUE | e. FALSE | e. FALSE | e. TRUE |

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2.16 | 2.17 | 2.18 | 2.19 | 2.20 |
| a. TRUE | a. TRUE | a. FALSE | a. TRUE | a. TRUE |
| b. FALSE | b. TRUE | b. FALSE | b. TRUE | b. TRUE |
| c. TRUE | c. TRUE | c. FALSE | c. FALSE | c. TRUE |
| d. TRUE | d. FALSE | d. FALSE | d. TRUE | d. FALSE |
| e. TRUE | e. FALSE | e. TRUE | e. FALSE | e. FALSE |

- | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 3.5 |
| dey = 3.5 | gog = 3 | eli = 1.0 | jon = -1.0 | abe = 1.5 |
| luo = 1.5 | oer = 1.5 | soc = 4.0 | aus = 1.0 | sir = 3.0 |

- | | | | | |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| 3.6 | 3.7 | 3.8 | 3.9 | 3.10 |
| vow = 3.0 | gup = 0 | tez = 2.5 | jib = 5 | aus = 1.5 |
| nub = 4.0 | ley = 0 | nap = 7.5 | | |

3.11	3.12	3.13	3.14	3.15
bam = 2.0	tye = 1	nam = 4 sob = 0.0 off = 4	kaw = 1.0 zan = 1.5	quo = -0.75 ora = -2.75

3.16	3.17	3.18	3.19	3.20
gup = 2.5 han = 3.5	lod = 5 nid = 6.0 mou = 18 gyp = -2.5	you = 3 way = 0.5 iwa = 1.5	fei = 2 oka = 6.0	fae = 0.5

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
a = 11	a = 0	a = 0	a = 0	a = 10

4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
a = 10	a = 18	a = 10	a = -3	a = 5

4.11	4.12	4.13	4.14	4.15
a = 1	a = 0	a = 20	a = 20	a = 9 b = 9

4.16	4.17	4.18	4.19	4.20
a = 0 b = 2	a = -1 b = -2	a = 0 b = -2	a = 6 b = 8	a = 4 b = -1

4.21	4.22	4.23	4.24	4.25	4.26	4.27	4.28
a = 10	a = -10	a = 7	a = 9	a = 8	a = 7	a = 8	a = 9

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
a = 6	a = 15	a = 16	a = 8	a = 1

5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
a = 256	a = 18	a = 31	a = -31	a = 16

5.11	5.12	5.13	5.14	5.15
a = 5	a = 6	a = 3	a = 4	a = 5

5.16

a = 4

5.17

a = 9

5.18

a = 1

5.19

a = -2

5.20

a = 2

5.21

a = 2

b = 4

5.22

a = 2

b = 4

5.23

a = 2

b = 0

5.24

a = -2

b = 4

5.25

a = 5

b = 8

5.26

a = 10

b = 6

5.27

a = 4

b = 2

5.28

a = 6

b = 3

6.1

0 1 2

6.2

12 13 14

6.3

3 2 1 0

6.4

14 13 12 11

6.5

0 1 2

6.6

3 2 1 0

6.7

12 13 14

6.8

14 13 12 11

6.9

13 12 11 10 9

6.10

9 10 11

6.11

14 12 10 8

6.12

0 2 4 6 8

6.13

i = 3

a = 4

6.14

i = -1

a = 0

6.15

i = -1

a = 0

6.16

i = 3

a = 2

6.17

i = 3

a = 2

6.18

i = 16

a = 4

6.19

i = 8

a = 3

6.20

i = 6

6.21

b = 8

a = 5

while(a > 3)

b = b / 2

a = a - 1

6.22

e = 0

while(e < 4)

print(e)

e = e + 1

6.23

i = 4

while(i >= 0)

print(i)

i = i - 1

6.24

b = 0

i = 0

while(i < 4)

b = i * 2

i = i + 2

6.25

for(a = 1; a < 6; a = a + 2)

print(a)

6.26

b = 0

for(a = 8; a > 1; a = a / 2)

b = b + 1

6.27

a = 8

for(b = 0; b < 3; b = b + 1)

a = a / 2

6.28

for(a = 8, b = 0;

a > 1 || b <= 3;

a = a / 2, b = b + 1)

print(a)

7.1

```
for(i = 0; i < 10; i++)  
    print(i * 2)
```

7.2

```
for (i = 0; i < 12; i++)  
    print(getal * 2 + 1)
```

7.3

```
for (i = 0; i < 7; i++)  
    print(getal + 4)
```

7.4

```
for (i = 0; i < 9; i++)  
    print(getal * 4 + 4)
```

7.5

```
for(i = 0; i < 10; i++)  
    print(i * i)
```

7.6

```
for(i = 0; i < 15; i++)  
    print(i * i + 1)
```

7.7

```
for(i = 0; i < 9; i++)  
    print(i * -1 + 5)
```

7.8

```
getal = 1  
for(i = 0; i < 12; i++)  
    print(getal)  
    getal = getal * 2
```

7.9

```
getal = 1  
for(i = 0; i < 7; i++)  
    print(getal)  
    getal = getal * 3
```

7.10

```
getal = 2  
for(i = 0; i < 10; i++)  
    print(getal)  
    getal = getal + 2
```

7.11

```
a = 16  
for(i = 0; i < 9; i++)  
    print(a)  
    a = a / 2
```

7.12

```
b = 1000  
for(i = 0; i < 10; i++)  
    print(b)  
    b = b / 10
```

7.13

```
c = 21  
for(i = 0; i < 7; i++)  
    print(c)  
    c = c / 2
```

7.14

```
getal = 1
for(i = 0; i < 14; i++)
    if(getal % 3 == 0)
        print("*")
    else
        print(getal)
    getal = getal + 1
```

7.15

```
getal = 1
for(i = 0; i < 12; i++)
    if(getal % 3 == 0)
        print(getal + "! ")
    else
        print(getal)
    getal = getal + 1
```

7.16

```
getal = 34
for(i = 0; i < 20; i++)
    if(getal % 6 == 0)
        print(0)
    else
        print(getal)
    getal = getal - 2
```

7.17

```
getal = 1
for(i = 1; i <= 12; i++)
    if(i % 3 == 0)
        print("#")
    else
        print(getal)
    getal = getal * 2
```

7.18

```
getal = 1
for(i = 0; i < 12; i++)
    if((i + 1) % 3 == 0)
        print(i)
    else
        print(getal)
    getal = getal * 2
```

8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9
H	o	,	(space)	d	d	i	e	r

8.10	8.11	8.12	8.13	8.14	8.15	8.16	8.17	8.18
r	e	l	bounds err	o	o	a	p	W

8.19	8.20	8.21	8.22
Hello, world!	Hlo ol!	!dlrow ,olleH	Hello, world!

8.23	8.24	8.25	8.26	8.27	8.28	8.29
terug	yes!	go back	index	aarrgg	hi!hi!	hi!hi!

8.30	8.31	8.32	8.33
Hello, world	bounds err	scrabble	a2b3

8.34	8.35	8.36
a1a2b3	aaarrrr	hi

9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	9.10
5	2.1	x	2	2	0.1	-1	1	0.6	0

9.11	9.12	9.13	9.14	9.15	9.16	9.17	9.18
8.1	6.2	14	4	bounds err	2	3	3

9.19	9.20	9.21
lop = [10, 5, 30]	kol = ['h', 'o', 'i']	fof = [0.1, 0.2, 1.0]

9.22	9.23	9.24
dido = [2, 15, 10]	l = [5, 1, 2]	l = [0.1, 1.0, 0.3]

9.25	9.26	9.27
yoyo = [1.5, 1.5, 1.0]	yoyo = [2.0, 2.0, 1.0]	yoyo = [1.5, 1.0, 1.0]

9.28	9.29	9.30
hipp = [42, 4, 101]	fle = [7, 6, 10]	k = [0.3, 2.0, 0.6]

9.31	9.32	9.33
r = [0, 1, 0, 0]	zi = ['s', 'b', 'c']	b = [false, true, true]

9.34	9.35	9.36
rol = [1, 2, 3, 0]	j = [0, -2, -2]	r = [4, 2, 1]

9.37	9.38	9.39
1 1 2 3 4 5	1 5 4 3 2 1	1 1 2 3

9.40	9.41				
1 2 1	1 lap = ['x', 'x', 'x', 'x', 'x']				
9.42		9.43		9.44	
1 gop = [2, 5, 1, 8, 8]		1 gop = [5, 3, 6, 2, 8]		1 gop = [4, 4, 4, 4, 4]	
10.1	10.2	10.3	10.4		
1 fly	1	1 fly jump jump	1 jump		
10.5	10.6	10.7	10.8		
1 pie pie bicycle	1 fly rainbow	1 jump	1 jump bicycle		
10.9	10.10	10.11	10.12	10.13	10.14
fly	jump	0	1	1	1
10.15	10.16	10.17	10.18	10.19	10.20
1	1	0	0	1	0
10.21	10.22	10.23	10.24	10.25	10.26
fly	jump	bear	hello	0	1
10.27	10.28	10.29	10.30		
1	10	fly jump	1		
11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6
hard	jump	0	1	20	3
11.7	11.8				
cal	1				
11.9	11.10	11.11	11.12	11.13	
2	2	3	4	6	