

Basisboek Programmeren

Redactie: Martijn Stegeman

20 november 2019

Copyright 2019 door Martijn Stegeman bij de Universiteit van Amsterdam.
Alle rechten voorbehouden.

Inhoudsopgave

1	Rekenen	5
1.1	Rekenen met gehele getallen	6
1.2	Voorrangregels	8
1.3	Rekenen met verschillende soorten getallen	10
2	Logica	13
2.1	Beweringen	14
2.2	Logische operaties	16
2.3	Oefeningen: condities	18
3	Flow en variabelen	21
3.1	Variabelen	22
3.2	Algoritme: verwisseling	24
4	Voorwaardelijke opdrachten	27
4.1	Voorwaardelijke opdrachten traceren	28
4.2	Meerdere variabelen	30
4.3	Anders	32
5	Herhaling met while	35
5.1	Traceren	36

5.2	Complexe condities	38
5.3	Meerdere variabelen	40
6	Herhaling met for	43
6.1	For-loops	44
6.2	Traceren	46
6.3	For en while	48
7	Algoritmen: reeksen	51
7.1	Reeksen	52
7.2	Complexere reeksen	54
7.3	Filteren	56
8	String	59
8.1	Indexering van strings	60
8.2	Herhaling en strings	62
8.3	Herhaling en strings 2	64
9	Arrays	67
9.1	Arrays	68
9.2	Arrays aanpassen	70
9.3	Herhaling en arrays	72
10	Functies	75
10.1	Functies die printen	76
10.2	Parameters	78
10.3	Functies aanroepen met variabelen	80
11	Functies die iets uitrekenen	83
11.1	Functies die iets teruggeven	84
11.2	Functies die resultaten van functies retourneren	86

Hoofdstuk 1

Rekenen

1.1 Rekenen met gehele getallen

Geef de uitkomst van de volgende berekeningen.

1.1

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

1.2

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

1.3

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

1.4

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

1.5

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

1.6

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

1.7

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

1.8

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

1.9

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

1.10

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

Uitdrukkingen Een uitdrukking of expressie is een combinatie van getallen en operaties. Zo'n expressie kan door een computer geëvalueerd worden volgens de wiskundige regels die je al kent. Bijvoorbeeld:

expressie	geeft
4	4
5	5
4 + 5	9
4 * 5	20

Hieronder en op de volgende pagina's behandelen we een aantal uitzonderingen en bijzonderheden die een rol spelen bij het rekenen met behulp van de computer.

Delen met gehele getallen In computers zijn *integers*, ofwel gehele getallen, iets anders dan *floats*, ofwel kommagetallen. In de meeste situaties werken ze hetzelfde, maar er zijn ook verschillen. Het eerste verschil is delen: de uitdrukking $1 / 2$ geeft de verrassende uitkomst 0. Dat komt doordat een deling met gehele getallen de volgende vraag beantwoordt: *hoe vaak past 2 in het getal 1?* Zie hier een voorbeeld voor $x / 3$:

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

Modulo Een operatie die je misschien niet kent is %, ofwel modulo. Deze operatie past precies bij delen met gehele getallen; $5 \% 2$ moet de vraag beantwoorden: *2 past 2 keer in 5, hoeveel blijft er dan over?* In dit geval blijft er 1 over. We geven hetzelfde voorbeeld als hierboven, voor $x \% 3$:

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

Deelbaarheid Een getal noemen we *deelbaar* door een ander getal als de uitkomst van de modulo 0 is, ofwel: er blijft niks over bij deling.

1.2 Voorrangsregels

Geef de uitkomst van de volgende berekeningen. Let op de verschillende regels die daarbij van toepassing zijn.

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. $5 - 2 * 8 * 6 - 5$

Volgorde van operaties In expressies met meer dan één operatie wordt de volgorde belangrijk. Als het gaat om gelijksoortige rekenkundige operaties, bijvoorbeeld het drietal $*$, $/$ en $\%$, dan worden de operaties van *links naar rechts* geëvalueerd. Bijvoorbeeld:

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

Als je deze expressie verkeerd om evalueert, dus van rechts naar links, dan komt er een heel ander antwoord uit, namelijk 1. De volgorde is dus van belang.

Prioriteitsregels Daar waar ambiguïteit is over de volgorde van expressies, gelden prioriteitsregels:

1. deelexpressies tussen haakjes gaan vóór andere delen
2. daarna de rekenkundige bewerkingen $*$, $/$ en $\%$
3. en dan volgen de bewerkingen $+$ en $-$

De prioriteit van de verschillende operaties hangt af van waar ze zich bevinden in deze array. Operaties van prioriteit 1 worden eerst uitgevoerd, en operaties van prioriteit 2 daarna. Als meerdere expressies dezelfde prioriteit hebben, hou je weer de van-links-naar-rechts-regel aan.

1.3 Rekenen met verschillende soorten getallen

Geef de uitkomst van de volgende berekeningen. Vermeld daarbij het type van de uitkomst.

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. $3 + 4.5 + 9$

Kommagetallen Een soort getal dat we bij programmeren tegenkomen is het kommagetal of *floating point number*, of `float` in het kort. Zulke getallen werken zoals je kent uit de wiskunde: zo geeft $1.0 / 2.0$ gewoon 0.5 .

Automatische conversie Je kunt floats en integers ook door elkaar gebruiken. Zodra het nodig is, vindt automatische conversie plaats. Als bij een operatie sprake is van minstens één `float`, dan wordt gerekend met floats en is de uitkomst ook een `float`.

Let wel op de prioriteitsregels: zo geeft $3 / 2 + 0.25$ de uitkomst 1.25 . Eerst wordt namelijk $3 / 2$ uitgevoerd, en dat geeft als antwoord de integer 1 . Dan moeten 1 en 0.25 worden opgeteld. Nu vindt automatische conversie plaats, waardoor het antwoord 1.25 is.

Hoofdstuk 2

Logica

2.1 Beweringen

Geef van de volgende beweringen aan of ze waar of onwaar zijn.

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. $2 >= 3 * 3$

Beweringen zijn waar of onwaar Van beweringen zoals $4 == 5$ kunnen we bepalen of ze *waar* zijn. Het getal 4 is niet gelijk aan 5, dus de bewering is *onwaar*. Er zijn zes belangrijke manieren om een bewering te doen:

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

Uit al deze operaties kunnen twee waarden komen: `true` (waar) en `false` (onwaar). Deze waardes worden ook wel *booleans* genoemd¹. De operaties waaruit deze booleans komen, worden ook wel *boolean expressions* genoemd.

Prioriteitsregels Net als bij rekenkundige operaties gelden prioriteitsregels bij het evalueren van beweringen:

1. eerst de expressies tussen haakjes
2. dan rekenkundige operaties zoals `*` en `+` (let op de regels!)
3. dan `>`, `<`, `==`, `!=`, `>=`, `<=`

Verskillende soorten getallen Je vindt in beweringen zowel gehele getallen als floating-pointgetallen. Als een geheel getal wordt vergeleken met een floating-pointgetal, vindt automatische conversie plaats, waarbij van de `int` een `float` wordt gemaakt.

¹Genoemd naar George Boole, die als eerste een algebraïsch systeem voor logica ontwikkelde halverwege de 19e eeuw.

2.2 Logische operaties

Geef van de volgende beweringen aan of ze waar of onwaar zijn.

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`

Logische operaties Het is mogelijk om de waarden true en false te combineren tot meer complexe logische expressies. Zo zijn er de logische operaties && (and) en || (or). Dit zijn de zogeheten waarheidstabellen voor deze operaties:

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

Ontkenning De uitkomst van een bewering kan ook “omgedraaid” worden. Zet er dan ! (not) voor:

!true geeft false en !false geeft true

Prioriteitsregels Ook && en || hebben hun plek in de prioriteitsregels:

1. eerst de expressies tussen haakjes
2. dan rekenkundige operaties zoals + en *
3. dan beweringen zoals >, <, ==, !=, >=, <=
4. !
5. ||
6. &&

2.3 Oefeningen: condities

In de vorige paragrafen heb je steeds expressies *geïnterpreteerd*, de uitkomst berekend op basis van de rekenregels. Nu vragen we je om zelf expressies te schrijven. Dit is wat creatiever, en het kan soms moeilijk zijn om op het juiste idee te komen. Blader dan eens terug naar de vorige delen voor inspiratie.

Als je zo'n expressie schrijft, kun je deze zelf nalopen met behulp van de regels die je kent. Schrijf je expressie op, en probeer deze te interpreteren. Je kunt ook een aantal "testgevallen" bedenken die je voor het getal n invult, om te kijken of de uitkomst naar verwachting is.

7.1 Schrijf een expressie die test of een getal n kleiner is dan 5.

7.2 Schrijf een expressie die test of een getal n tussen 5 en 10 zit, waarbij 5 en 10 zelf óók mogen.

7.3 Schrijf een expressie die test of een getal n deelbaar is door 3.

7.4 Schrijf een expressie die test of een getal n *even* is.

7.5 Schrijf een expressie die test of een getal n *oneven* is.

7.6 Voor welke waarden van n is de bewering `!(n > 1 && !(n > 3)) && true` waar?

7.7 De bewering uit de vorige vraag kan eenvoudiger worden geschreven. Doe dit, en controleer je vereenvoudigde versie door te kijken of deze nog steeds waar is voor dezelfde waarden van n .

Hoofdstuk 3

Flow en variabelen

3.1 Variabelen

Geef de eindtoestand van alle variabelen na het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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
```

Toekenning In het volgende stukje code wordt een *waarde* aan een *variabele* toegekend:

het = 2.2

Bij het uitvoeren van die regel code wordt een variabele aangemaakt met de naam *het*, die op dat moment de waarde 2.2 krijgt toegekend. Deze variabele is daarmee onderdeel van de *eindtoestand* na uitvoeren van het codefragment. In een codefragment kunnen ook meerdere toekenningen onder elkaar staan. Zo worden in het volgende fragment worden drie variabelen aangemaakt, elk met een eigen naam:

	ike	dev	wan
ike = 3.14	3.14		
dev = 3 / 4	3.14	0	
wan = 0.75	3.14	0	0.75

Links staan de regels code waarin de variabelen worden aangemaakt. Rechts houden we bij wat er gebeurt: we *traceren* de code. Bij toekenning zetten we een kader om de nieuwe waarde, en op volgende regels nemen we die waarde over. Dan lezen we op de laatste regel de eindtoestand na uitvoeren van alle regels code: de drie variabelen *ike*, *dev* en *wan* met hun waarden.

Volgorde Het is ook mogelijk een tweede keer (of vaker) een waarde toe te kennen aan een variabele. De "oude" waarde wordt daarmee overschreven. Zo zie je dat de *volgorde* van een programma belangrijk is: altijd van de bovenste naar de onderste regel. Kijk maar naar dit voorbeeld:

	wei
wei = 1	1
wei = 4	4

Er wordt twee keer een waarde toegekend aan de variabele *wei*, zoals je kunt zien aan de twee vierkantjes rondom de waarde. Maar de eindtoestand bestaat slechts uit één variabele genaamd *wei*, met de waarde 4. De eerder toegekende waarde 1 is daarmee verdwenen.

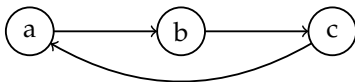
Variabelen in expressies Nu we de beschikking hebben over variabelen, kunnen we deze ook onder hun toegewezen naam gebruiken in berekeningen.

	hat	say
hat = 1	1	
say = hat + 4	1	5

De eindtoestand na het uitvoeren van de laatste regel bestaat uit twee variabelen, namelijk *hat* = 1 en *say* = 5.

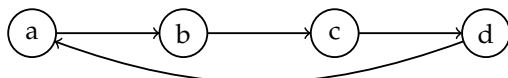
3.2 Algoritme: verwisseling

- 7.1 Schrijf een algoritme dat de waarden van *drie* variabelen verwisselt, zoals in de volgende illustratie:



Tip: je kunt waarden verzinnen voor a, b en c, maar dit is niet noodzakelijk om een algemeen algoritme te maken.

- 7.2 Schrijf een algoritme dat de waarden van *vier* variabelen verwisselt, zoals in de volgende illustratie:



- 7.3 Schrijf een algoritme dat de waarden van *vier* variabelen verwisselt, zoals in de volgende illustratie:



Verwisseling Laten we eens kijken hoe we een stel toekenningen kunnen gebruiken om een algoritme te maken. Stel dat we twee variabelen hebben:

$$a = 54 \quad \text{en} \quad b = 29$$

waarvan we de waarden willen verwisselen. Als je dit wil oplossen door iedere waarde aan de *andere* variabele toe te kennen, zou je het volgende algoritme kunnen voorstellen:

$$\begin{aligned} a &= b \\ b &= a \end{aligned}$$

Laten we de werking van dit algoritme traceren. We beginnen met de twee startwaarden, en laten dan *per regel code* zien wat het effect is op onze variabelen. We laten met een kader steeds zien welke variabele wordt bijgewerkt op welke regel.

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

Let op dat dit niet het gewenste eindresultaat is! Op de derde regel willen we de waarde van a ook in b opslaan, maar de oorspronkelijke waarde is op dat moment al overschreven.

Uit de probleemanalyse kunnen we al een beetje afleiden wat de oplossing moet zijn: we moeten er voor zorgen dat op regel 3 de oorspronkelijke waarde van a nog beschikbaar is. We kunnen dat doen door een extra variabele te introduceren, puur voor dat doel. We slaan daarmee de waarde van a alvast op, vóór deze wordt overschreven:

$$\begin{aligned} t &= a \\ a &= b \\ b &= t \end{aligned}$$

Als we nu het hele programma uitschrijven en weer traceren, dan ziet het er zo uit:

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

Dit is het gewenste eindresultaat!

Hoofdstuk 4

Voorwaardelijke opdrachten

4.1 Voorwaardelijke opdrachten traceren

Maak een trace-tabel voor elk van de onderstaande codefragmenten. Maak goed duidelijk wat de uiteindelijke waarde van de variabele a is.

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
```

Voorwaardelijke opdrachten Het volgende stukje code bevat een voorwaardelijke opdracht, beginnend met `if`. Er is een voorwaarde of *condition*, namelijk $a < 10$. De instructie op de volgende regel is extra geïndenteerd, waarmee we aangeven dat deze *afhankelijk* is van de `if`.

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

In dit geval start het programma met de waarde $a = 0$. Dus wordt aan de voorwaarde $a < 10$ voldaan op het moment dat deze wordt gecontroleerd. Het gevolg is dat de instructie `a = a + 10` uitgevoerd. De laatste regel staat weer helemaal links en is dus géén onderdeel van de voorwaardelijke instructie: deze instructie wordt uitgevoerd onafhankelijk van de `if`. Dat betekent dat het programma eindigt met de waarde $a = 9$.

Traceren We kunnen hier, net als in het vorige hoofdstuk, de toestand van de variabelen traceren. Voor het bovenstaande stukje code ziet de trace er als volgt uit:

regel	1	2	3	4
a	0	0	10	9

In de eerste rij zie je de regelnummers uit het programma. In de rij eronder *traceren* we de waarde van de variabele `a`. Op drie plekken is de waarde van `a` omkaderd: op deze regels wordt inhoud van de variabele gewijzigd.

Niet waar In het fragment hieronder hebben we de voorwaarde aangepast. Op moment van evalueren van de voorwaarde blijkt dat hier niet aan is voldaan. Daarom wordt de volgende regel overgeslagen. Het programma eindigt dus met $a = -1$.

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

De trace ziet er dan zo uit:

regel	1	2	4
a	0	0	-1

4.2 Meerdere variabelen

Maak een trace-tabel voor elk van de onderstaande codefragmenten. Schrijf apart de uiteindelijke waarde van elke variabele op.

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 het volgende voorbeeld zie je dat niet één maar twee instructies afhankelijk zijn van de if:

```

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

```

De trace is vergelijkbaar met eerder:

regel	1	2	3	4
a	0	0	10	20

Meerdere variabelen Nu introduceren we weer meerdere variabelen. Het gevolg is dat we meer informatie moeten bijhouden bij het traceren. Kijk bijvoorbeeld naar het volgende programma:

```

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

```

De trace ziet er dan als volgt uit, met voor elke variabele een rij:

regel	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 Anders

Maak een trace-tabel voor elk van de onderstaande codefragmenten. Schrijf apart de uiteindelijke waarde van elke variabele op.

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”.

Hoofdstuk 5

Herhaling met `while`

5.1 Traceren

Geef de eindtoestand van alle variabelen na het uitvoeren van de volgende codefragmenten. Maak zonnodig een trace-tabel.

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 waarden 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 Complexe condities

Geef de eindtoestand van alle variabelen na het uitvoeren van de volgende codefragmenten. Maak zonodig een trace-tabel.

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 Meerdere variabelen

Geef de eindtoestand van alle variabelen na het uitvoeren van de volgende codefragmenten. Maak zonodig een trace-tabel.

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 programeertalen hier een speciale operatie voor: ++. De opdracht i++ is equivalent aan i = i + 1. De tegenhanger hiervan is i--. Hiermee verlagen we i juist met 1.

Hoofdstuk 6

Herhaling met for

6.1 For-loops

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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, `print(i)`
- regel 1, `i++` (update)
- regel 1, `i < 10` (conditie)
- regel 2, `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 Traceren

Geef de eindtoestand van alle variabelen na het uitvoeren van de volgende codefragmenten. Maak zonnodig een trace-tabel.

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 en while

Herschrijf de volgende for-loops als 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
```

Herschrijf de volgende while-loops als 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>for(<init>; <conditie>; <update>)</code>	<code><init></code>
<code> <inhoud van loop></code>	<code>while(<conditie>)</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.

Hoofdstuk 7

Algoritmen: reeksen

7.1 Reeksen

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:

```
for(i = 0; i < 10; i++)      |      0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
    print(i)
```

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:

```
for(i = 0; i < 10; i++)      |      0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36
    print(i * 4)
```

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

```
for(i = 0; i < 10; i++)      |      1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
    print(i + 1)
```

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 Complexere reeksen

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

1 2 4 8 16 ...

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

1 3 9 27 81 ...

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

2 4 6 8 10 ...

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

16 8 4 2 1 0 0 ...

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

1000 100 10 1 0 0 ...

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

21 10 5 2 1 0 0 ...

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 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 Filteren

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

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

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

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

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

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

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

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

7.5 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)
```


Hoofdstuk 8

String

8.1 Indexering van strings

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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 Herhaling en strings

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten. Maak zondig een trace-tabel.

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 Herhaling en strings 2

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten. Maak zonnodig een trace-tabel.

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])
```


Hoofdstuk 9

Arrays

9.1 Arrays

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten. Maak zonodig een trace-tabel.

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: 2  
print(elk[i])
```

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

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

9.2 Arrays aanpassen

Geef de eindtoestand van alle variabelen na het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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 Herhaling en arrays

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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
```

Geef de eindtoestand van alle variabelen na het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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.

Hoofdstuk 10

Funcities

10.1 Functies die printen

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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()
```

Func tiedefinitie 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")
```

Func tieaanroep 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

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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 Functies aanroepen met variabelen

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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 functie-definitie!)

```
x = 3  
y = 5  
| void baz(y, x): | baz(3,5):  
| print(x / y) | print 5/3 | ①  
-> baz(x, y)
```

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

Hoofdstuk 11

Functies die iets uitrekenen

11.1 Functies die iets teruggeven

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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 hoef 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 Functies die resultaten van functies retourneren

Schrijf op wat er geprint wordt bij het uitvoeren van de volgende codefragmenten.

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

```

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

Antwoorden

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 nub = 4.0	gup = 0 ley = 0	tez = 2.5 nap = 7.5	jib = 5	aus = 1.5			
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 5.17 5.18 5.19 5.20
a = 4 a = 9 a = 1 a = -2 a = 2

5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 5.27 5.28
a = 2 a = 2 a = 2 a = -2 a = 5 a = 10 a = 4 a = 6
b = 4 b = 4 b = 0 b = 4 b = 8 b = 6 b = 2 b = 3

6.1 6.2 6.3 6.4
0 1 2 12 13 14 3 2 1 0 14 13 12 11

6.5 6.6 6.7 6.8
0 1 2 3 2 1 0 12 13 14 14 13 12 11

6.9 6.10 6.11 6.12
13 12 11 10 9 9 10 11 14 12 10 8 0 2 4 6 8

6.13 6.14 6.15 6.16 6.17 6.18 6.19 6.20
i = 3 i = -1 i = -1 i = 3 i = 3 i = 16 i = 8 i = 6
a = 4 a = 0 a = 0 a = 2 a = 2 a = 4 a = 3

6.21 6.22 6.23 6.24
b = 8 e = 0 i = 4 b = 0
a = 5 while(e < 4) while(i >= 0) i = 0
while(a > 3) print(e) print(i) while(i < 4)
 b = b / 2 e = e + 1 i = i - 1 b = i * 2
 a = a - 1 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 aaarr 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