



Noël Vaes

Java Trainer & Consultant



Java 11 Fundamentals

Roode Roosstraat 5
3500 Hasselt
België

+32 474 38 23 94
noel@noelvaes.eu
www.noelvaes.eu

Vrijwel alle namen van software- en hardwareproducten die in deze cursus worden genoemd, zijn tegelijkertijd ook handelsmerken en dienen dienovereenkomstig te worden behandeld.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar worden gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur. De enige uitzondering die hierop bestaat, is dat eventuele programma's en door de gebruiker te typen voorbeelden mogen worden ingevoerd, opgeslagen en uitgevoerd op een computersysteem, zolang deze voor privé-doeleinden worden gebruikt, en niet bestemd zijn voor reproductie of publicatie.

Correspondentie inzake overnemen of reproductie kunt u richten aan:

Noël Vaes
Roode Roosstraat 5
3500 Hasselt
België

Tel: +32 474 38 23 94

noel@noelvaes.eu
www.noelvaes.eu

Ondanks alle aan de samenstelling van deze tekst bestede zorg, kan de auteur geen aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele schade die zou kunnen voortvloeien uit enige fout, die in deze uitgave zou kunnen voorkomen.

24/12/2020

Copyright© 2020 Noël Vaes



Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1: Inleiding.....	10
1.1 De geschiedenis van Java.....	10
1.2 Java als programmeertaal.....	10
1.2.1 Soorten programmeertalen.....	10
1.2.2 Java versus andere programmeertalen.....	15
1.2.3 Kenmerken van Java als programmeertaal.....	16
1.3 Java als platform.....	17
1.4 Soorten Java-toepassingen.....	18
1.5 Samenvatting.....	18
Hoofdstuk 2: De Java Development Kit.....	19
2.1 Inleiding.....	19
2.2 JDK en documentatie.....	19
2.3 De omgevingsvariabele JAVA_HOME.....	21
2.4 Ontwikkelomgevingen.....	22
2.5 Samenvatting.....	27
Hoofdstuk 3: Mijn eerste Java-toepassing.....	28
3.1 Inleiding.....	28
3.2 De broncode schrijven.....	28
3.3 De broncode compileren.....	29
3.4 De <i>bytecode</i> uitvoeren.....	29
3.5 De opbouw van het programma.....	30
3.5.1 Commentaar in Java-code.....	30
3.5.2 Het pakket definiëren.....	31
3.5.3 De klasse definiëren.....	31
3.5.4 De methode main().....	32
3.5.5 Het eigenlijke werk.....	32
3.6 Samenvatting.....	33
Hoofdstuk 4: Programmatielogica.....	34
4.1 Inleiding.....	34
4.2 Sequenties.....	34
4.3 Invoer en uitvoer.....	36
4.4 Keuzes.....	37
4.5 Herhalingen.....	39
4.6 Samenvatting: programmeeralgoritmen.....	43
Hoofdstuk 5: De Java-programmeertaal.....	44
5.1 Inleiding.....	44
5.2 Variabelen en letterlijke waarden.....	44
5.2.1 De declaratie van variabelen.....	44
5.2.2 Het datatype.....	46
5.2.3 Literals.....	48
5.2.4 De naam.....	51
5.2.5 <i>Final variables</i> of constanten.....	53
5.2.6 Typeconversie.....	53
5.3 Operatoren.....	56
5.3.1 Rekenkundige operatoren.....	57
5.3.2 Relationele operatoren.....	61
5.3.3 Logische operatoren.....	62
5.3.4 Shift-operatoren.....	63



5.3.5 Bit-operatoren.....	66
.....	71
5.3.6 Toekenningsoperatoren.....	71
5.3.7 Conditionele operatoren.....	72
5.3.8 Overige operatoren.....	74
5.3.9 Prioriteitsregels.....	74
5.4 Uitdrukkingen, <i>statements</i> en blokken.....	78
5.4.1 Uitdrukkingen.....	78
5.4.2 Statements.....	78
5.4.3 Codeblok.....	79
5.5 Programmaverloop- <i>statements</i>	80
5.5.1 Inleiding.....	80
5.5.2 Het if else <i>statement</i>	81
5.5.3 Het switch <i>statement</i>	84
5.5.4 Het while en do while <i>statement</i>	88
5.5.5 Het for <i>statement of zelftellende lus</i>	93
5.6 Methoden.....	97
5.7 Samenvatting.....	104
Hoofdstuk 6: Objectgeoriënteerd programmeren.....	105
6.1 Inleiding.....	105
6.2 Inleiding in het objectgeoriënteerd programmeren.....	105
6.2.1 Objecten.....	105
6.2.2 Boodschappen.....	107
6.2.3 Klassen.....	109
6.3 Werken met bestaande objecten.....	110
6.3.1 Inleiding.....	110
6.3.2 Objecten maken van een bestaande klasse.....	110
6.3.3 Objecten gebruiken.....	114
6.3.4 Objecten opruimen.....	115
6.4 Tekenreeksen.....	116
6.4.1 Inleiding.....	116
6.4.2 De klasse String.....	116
6.4.3 De klasse StringBuilder.....	126
6.4.4 Strings samenvoegen met de + operator.....	129
6.4.5 Gegevens formatteren met de klasse Formatter.....	130
6.5 Samenvatting.....	134
Hoofdstuk 7: Arrays.....	135
7.1 Inleiding.....	135
7.2 Arrays maken.....	135
7.3 Arrays gebruiken.....	137
7.4 De uitgebreide for-lus (for each).....	138
7.5 Arrays van objecten.....	139
7.6 Arrays van arrays.....	141
7.7 Lookup tables.....	144
7.8 Methoden met een variabel aantal parameters.....	145
7.9 Samenvatting.....	146
Hoofdstuk 8: Klassen definiëren.....	148
8.1 Inleiding.....	148
8.2 De declaratie van de klasse.....	149
8.3 De klassenomschrijving (<i>body</i>).....	150
8.3.1 Eigenschappen.....	151
8.3.2 Methoden.....	153
8.3.3 Constructors.....	162
8.3.4 <i>Instance members</i> en <i>class members</i>	165



8.3.5 De klasse Math.....	171
8.4 Samenvatting.....	173
Hoofdstuk 9: Associaties.....	174
9.1 Inleiding.....	174
9.2 Associaties.....	174
9.3 Aggregaties.....	175
9.4 Composities.....	177
9.5 High cohesion.....	178
9.6 Samenvatting.....	178
Hoofdstuk 10: Overerving en klassenhierarchie.....	180
10.1 Inleiding.....	180
10.1.1 Subklassen en superklassen.....	180
10.1.2 Overerving.....	180
10.1.3 Klassenhierarchie.....	181
10.1.4 Abstracte klassen.....	182
10.2 Subklassen definiëren in Java.....	182
10.3 Eigenschappen van subklassen.....	183
10.3.1 Overerven van eigenschappen.....	183
10.3.2 Toevoegen van eigenschappen.....	184
10.3.3 Vervangen (verbergen) van eigenschappen.....	184
10.4 Methoden van subklassen.....	185
10.4.1 Overerven van methoden.....	185
10.4.2 Toevoegen van methoden.....	186
10.4.3 Vervangen van methoden (<i>override</i>).....	187
10.4.4 Polymorfisme.....	189
10.5 Constructors van subklassen.....	191
10.6 Klasseeigenschappen en klassenmethoden.....	192
10.7 Final-klassen en methoden.....	194
10.8 Abstracte klassen.....	195
10.9 De superklasse Object.....	197
10.9.1 Klassenhierarchie.....	197
10.9.2 De operator <i>instanceof</i>	198
10.9.3 Methoden van de Object-klasse.....	199
10.10 Polymorfisme (bis).....	202
10.11 Code hergebruik: overerving versus associaties.....	203
10.12 Samenvatting.....	206
Hoofdstuk 11: De opsomming.....	207
11.1 Inleiding.....	207
11.2 Eigenschappen, methoden en constructors.....	209
11.3 Samenvatting.....	212
Hoofdstuk 12: Eenvoudige klassen.....	213
12.1 Inleiding.....	213
12.2 <i>Wrappers</i> voor primitieve datatypes.....	213
12.2.1 <i>Wrapper</i> -klassen.....	213
12.2.2 Autoboxing.....	214
12.2.3 <i>Static members</i>	217
12.3 Datums en tijden.....	218
12.3.1 Inleiding.....	218
12.3.2 Computertijden: de klasse <i>Instant</i>	219
12.3.3 Menselijke datums en tijden.....	220
12.3.4 Tijdsduur.....	224
12.3.5 Formattering van datums en tijden.....	225
12.3.6 Omzetting van en naar <i>Date</i> en <i>Calendar</i>	227
12.4 Samenvatting.....	227



Hoofdstuk 13: Interfaces.....	228
13.1 Inleiding.....	228
13.2 Een interface definiëren.....	229
13.2.1 De declaratie van de interface.....	229
13.2.2 De beschrijving van de interface.....	230
13.3 Een interface implementeren in een klasse.....	232
13.4 Standaardmethoden.....	233
13.5 Statische methoden.....	234
13.6 De interface als datatype.....	235
13.7 Samenvatting.....	238
Hoofdstuk 14: Geneste en anonieme klassen.....	239
14.1 Inleiding.....	239
14.2 Gewone geneste klassen (inner classes).....	239
14.3 Lokale geneste klassen (local inner classes).....	241
14.4 Anonieme geneste klassen (anonymous inner classes).....	242
14.5 Static geneste klassen (static nested classes).....	243
14.6 Samenvatting.....	246
Hoofdstuk 15: Exception handling.....	247
15.1 Inleiding.....	247
15.2 <i>Exceptions</i> afhandelen.....	247
15.2.1 Een <i>exception</i> veroorzaken.....	248
15.2.2 Een <i>exception</i> opvangen.....	249
15.2.3 Meerdere <i>exceptions</i> opvangen.....	251
15.2.4 Gemeenschappelijke <i>exception handlers</i>	252
15.2.5 Het finally blok.....	254
15.3 <i>Exceptions</i> genereren.....	256
15.3.1 Het <i>throw-statement</i>	256
15.3.2 <i>Exceptions</i> bij vervangen methoden.....	258
15.4 Soorten <i>exceptions</i>	258
15.4.1 <i>Exceptions</i> versus <i>errors</i>	258
15.4.2 <i>Checked exceptions</i> versus <i>runtime exceptions</i>	259
15.5 Zelf een <i>exception</i> -klasse maken.....	260
15.6 <i>Exceptions</i> opvangen, inpakken en verder gooien.....	261
15.7 Samenvatting.....	263
Hoofdstuk 16: Javadoc.....	264
16.1 Inleiding.....	264
16.2 Javadoc tags.....	264
16.2.1 Documentatie van klassen en interfaces.....	264
16.2.2 Documentatie van eigenschappen.....	266
16.2.3 Documentatie van methoden en constructors.....	266
16.2.4 Documentatie van pakketten.....	267
16.2.5 Overzichtsdocumentatie.....	267
16.3 JAVADOC-tool.....	267
16.4 Samenvatting.....	268
Hoofdstuk 17: Generieken.....	269
17.1 Inleiding.....	269
17.2 Generieke klassen.....	269
17.2.1 Generieken definiëren.....	270
17.2.2 Het gebruikte type inperken.....	275
17.2.3 Onbepaald type.....	277
17.2.4 Subklassen van generieke klassen.....	278
17.3 Generieke interfaces.....	278
17.4 Generieke methoden.....	282



17.4.1	Formele generieke parameters.....	282
17.4.2	Formele generieke parameters met <i>wildcards</i>	282
17.4.3	Formele generieke parameters met <i>bounded wildcards</i>	283
17.4.4	Type-parameters.....	285
17.5	Achter de schermen van de generieken.....	286
17.6	Arrays en generieken.....	287
17.7	Samenwerking tussen oude en nieuwe code.....	288
17.8	Samenvatting.....	289
Hoofdstuk 18: Lambda Expressions.....		290
18.1	Inleiding.....	290
18.2	Functionele interfaces.....	292
18.3	Definitie van lambda expressions.....	292
18.4	Methodereferenties.....	295
18.4.1	Statische methoden van een klasse of interface.....	295
18.4.2	Methoden van een gebonden object.....	297
18.4.3	Methoden van een ongebonden object.....	298
18.4.4	Constructorreferenties.....	298
18.5	Standaard functionele interfaces.....	301
18.5.1	Predicate<T>.....	301
18.5.2	Function<T,R>.....	302
18.5.3	Consumer<T>.....	303
Hoofdstuk 19: Streaming API.....		305
19.1	Inleiding: interne versus externe iteraties.....	305
19.2	Bron van <i>streams</i>	306
19.3	Bewerkingen.....	308
19.3.1	Eindbewerkingen.....	308
19.3.2	Tussenliggende bewerkingen.....	312
19.4	Samenvatting.....	316
Hoofdstuk 20: Collections.....		317
20.1	Het <i>Collections Framework</i>	317
20.2	De interface <i>Collection</i> en implementaties.....	317
20.2.1	<i>List</i>	320
20.2.2	<i>Set</i>	326
20.2.3	<i>SortedSet</i> & <i>NavigableSet</i>	331
20.2.4	<i>Queue</i>	333
20.2.5	<i>Deque</i>	335
20.2.6	Vergelijking tussen de implementaties.....	337
20.2.7	Het sorteren van verzamelingen.....	337
20.2.8	<i>Collections</i> en <i>streams</i>	345
20.3	De interface <i>Map</i> en implementaties.....	346
20.3.1	<i>Map</i>	347
20.3.2	<i>SortedMap</i> & <i>NavigableMap</i>	350
20.3.3	Vergelijking tussen de implementaties.....	351
Hoofdstuk 21: Lezen en schrijven (I/O).....		352
21.1	Inleiding.....	352
21.2	Mappen en bestanden.....	352
21.2.1	De interface <i>Path</i>	352
21.2.2	De klasse <i>FileSystem</i>	355
21.2.3	De klasse <i>Files</i>	355
21.2.4	De klasse <i>File</i>	358
21.3	IO-streams.....	358
21.3.1	Character streams.....	360
21.3.2	Byte streams.....	368
21.4	Object Serialization.....	373



21.4.1	Objecten serialiseren en deserialiseren.....	373
21.4.2	Klassen serialiseerbaar maken.....	374
21.4.3	Transiënte variabelen.....	376
21.4.4	Het serialisatiemechanisme aanpassen.....	378
21.4.5	Serialisatie en overerving.....	379
21.4.6	Versienummering.....	379
21.5	Programma-attributen.....	381
Hoofdstuk 22: Java via de commandolijn.....		384
22.1	Inleiding.....	384
22.2	Compileren.....	384
22.3	Modules maken.....	388
22.3.1	Inleiding.....	388
22.3.2	Een module definiëren.....	389
22.3.3	Pakketten exporteren.....	389
22.3.4	Afhankelijkheden van andere modules.....	390
22.3.5	Transitieve afhankelijkheden.....	393
22.4	JAR-bestanden maken.....	394
22.4.1	Basisprincipes van een JAR.....	394
22.4.2	Een JAR-bestand maken.....	395
22.4.3	Een JAR-bestand opnemen in het modulepad.....	397
22.4.4	Resources uit een JAR-bestand lezen.....	400
22.5	Programma's uitvoeren.....	401
22.6	Automatische modules.....	402
22.7	Linken.....	403
Hoofdstuk 23: Systeembronnen gebruiken.....		405
23.1	Inleiding.....	405
23.2	De <i>System</i> -klasse.....	405
23.2.1	Standaard-I/O streams.....	405
23.2.2	Systeemeigenschappen.....	410
23.2.3	Overige methoden.....	412
23.3	Het <i>Runtime</i> object.....	412
23.4	De <i>ProcessBuilder</i>	413
Hoofdstuk 24: Multithreading.....		414
24.1	Inleiding: multiprocessing en multithreading.....	414
24.2	Een nieuwe <i>thread</i> creëren.....	415
24.2.1	Subklasse van de klasse <i>Thread</i>	416
24.2.2	De interface <i>Runnable</i>	418
24.2.3	<i>Thread</i> met <i>lambda expression</i>	419
24.3	De levenscyclus van <i>threads</i>	420
24.4	De uitvoering van <i>threads</i> in de toestand <i>RUNNABLE</i>	421
24.4.1	De scheduler.....	421
24.4.2	Prioriteiten van <i>threads</i>	422
24.4.3	Preëemptieve multitasking.....	423
24.4.4	Coöperatieve multitasking.....	423
24.5	Daemon threads.....	424
24.6	De wachttoestand.....	425
24.6.1	De slaaptoestand.....	426
24.6.2	Wachten op de beëindiging van een andere <i>thread</i>	428
24.7	Synchronisatie van threads (monitoring).....	429
24.7.1	Object locking.....	430
24.7.2	<i>Wait()</i> en <i>notify()</i>	434
24.8	De <i>Timer</i> -klasse en de <i>TimerTask</i> -klasse.....	437
24.9	Concurrency framework.....	438
24.9.1	Concurrent collections.....	438



24.9.2	Atomaire objecten.....	440
24.9.3	Callable, ExecutorService and Future.....	442
24.10	Parallellisme met streams.....	444

Hoofdstuk 25: Grafische applicaties met JavaFX.....446

25.1	Inleiding.....	446
25.2	Installatie van JavaFX.....	447
25.3	Mijn eerste JavaFX-toepassing.....	451
25.4	FXML.....	453
25.5	Stage, Scenes en Nodes.....	455
25.6	Model View Controller.....	458
25.7	Controls.....	463
25.7.1	Label.....	464
25.7.2	TextField en PasswordField.....	465
25.7.3	Button.....	466
25.7.4	CheckBox.....	466
25.7.5	RadioButton.....	467
25.7.6	ChoiceBox.....	468
25.7.7	ComboBox.....	469
25.7.8	ListView.....	470
25.7.9	Slider.....	472
25.7.10	ScrollBar.....	473
25.7.11	DatePicker.....	473
25.7.12	ColorPicker.....	474
25.8	Lay-out met Panes.....	474
25.8.1	BorderPane.....	474
25.8.2	HBox.....	475
25.8.3	VBox.....	476
25.8.4	GridPane.....	476
25.8.5	FlowPane.....	477
25.8.6	TilePane.....	478
25.8.7	AnchorPane.....	479
25.8.8	ScrollPane.....	479
25.8.9	Combinatie van <i>panes</i>	480
25.9	Menu's.....	482
25.10	Event Handling.....	484
25.11	Tekenen met <i>Canvas</i>	488
25.12	Cascading Style Sheets (CSS).....	492
25.12.1	CSS-bestanden.....	492
25.12.2	Selectors.....	493
25.12.3	Stijlkenmerken via code instellen.....	496
25.13	Dialogvensters.....	498
25.13.1	Alert.....	498
25.13.2	TextInputDialog.....	500
25.13.3	FileChooser.....	500
25.14	Samenvatting.....	502



Hoofdstuk 1: Inleiding

1.1 De geschiedenis van Java

De programmeertaal Java werd in 1995 ontwikkeld door het bedrijf SUN. Aanvankelijk waren Java en de voorganger OAK bedoeld als robuuste programmeertaal voor consumentenelektronica. Men wou namelijk een taal die betrouwbaar was, die objectgeoriënteerd was en die onafhankelijk was van de snel evoluerende computerchips.

Met de opkomst van het internet stelde men vast dat Java uitermate geschikt was voor een dergelijk groot netwerk dat bestaat uit heterogene computersystemen. Door zijn platformonafhankelijk karakter kunnen de programma's namelijk overal ingezet worden.

Intussen is Java uitgegroeid tot een programmeertaal en platform en niet meer weg te denken is uit het firmament van de softwareontwikkeling. Java wordt momenteel gebruikt voor het bouwen van platformonafhankelijke desktopapplicaties maar vooral voor het maken van *enterprise*-applicaties (*multitier* gedistribueerde applicaties). Dynamische webapplicaties maken daar een deel van uit.

Java is zowel een **programmeertaal** als een **platform**. Eerst beschrijven we de kenmerken van Java als programmeertaal en vervolgens haar eigenschappen als platform.

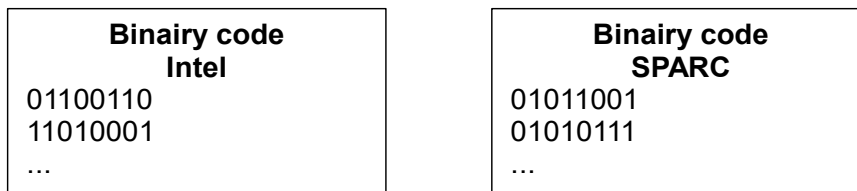
1.2 Java als programmeertaal

Java is zowat een buitenbeentje tussen de overige programmeertalen. Java weet de voordelen van verschillende soorten programmeertalen in zich te verenigen.

We zullen eerst trachten Java te situeren tussen de andere programmeertalen.

1.2.1 Soorten programmeertalen

Een computer kan slechts werken met binaire codes. Iedere instructie die hij uitvoert, is eigenlijk een binair getal dat opgeslagen is in het werkgeheugen. De processor haalt dit getal (instructie) uit het geheugen en voert de instructie uit. Deze binaire codes en de overeenkomstige instructies zijn specifiek voor iedere processor of processorfamilie. Zo heeft een processor van Intel een andere instructieset dan de SPARC van SUN. Beide zijn op binair niveau helemaal niet compatibel. Binaire codes voor de Intel kunnen niet door de SPARC gebruikt worden en omgekeerd.



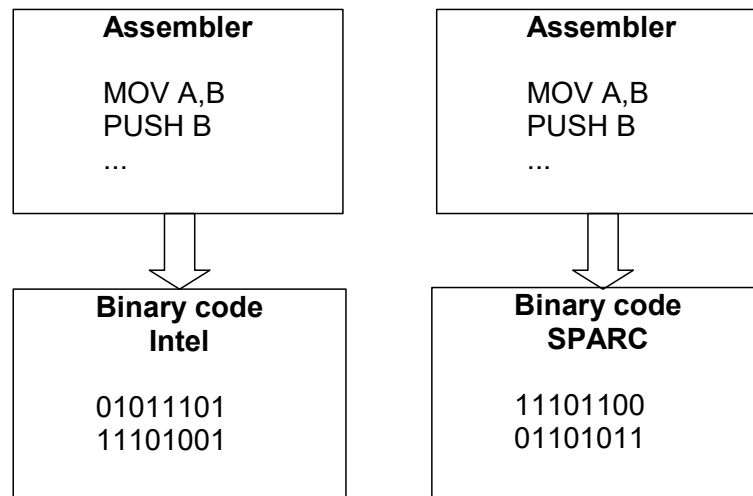
Afbeelding 1: Binaire code Intel versus SPARC

De allereerste programmeurs schreven programma's rechtstreeks in **binaire code**, ook wel machinetaal genoemd. Dit programmeerwerk was vrij omslachtig en tijdrovend. Deze binaire codes zijn niet gebruiksvriendelijk en de kans op het maken van fouten is zeer groot. Machinetaal wordt ook wel de "**eerste generatie programmeertaal**" genoemd.

Om deze vorm van programmeren makkelijker te maken, werd de programmeertaal **Assembler** ontwikkeld. Dit is een "**tweede generatie programmeertaal**". Bij *Assembler*



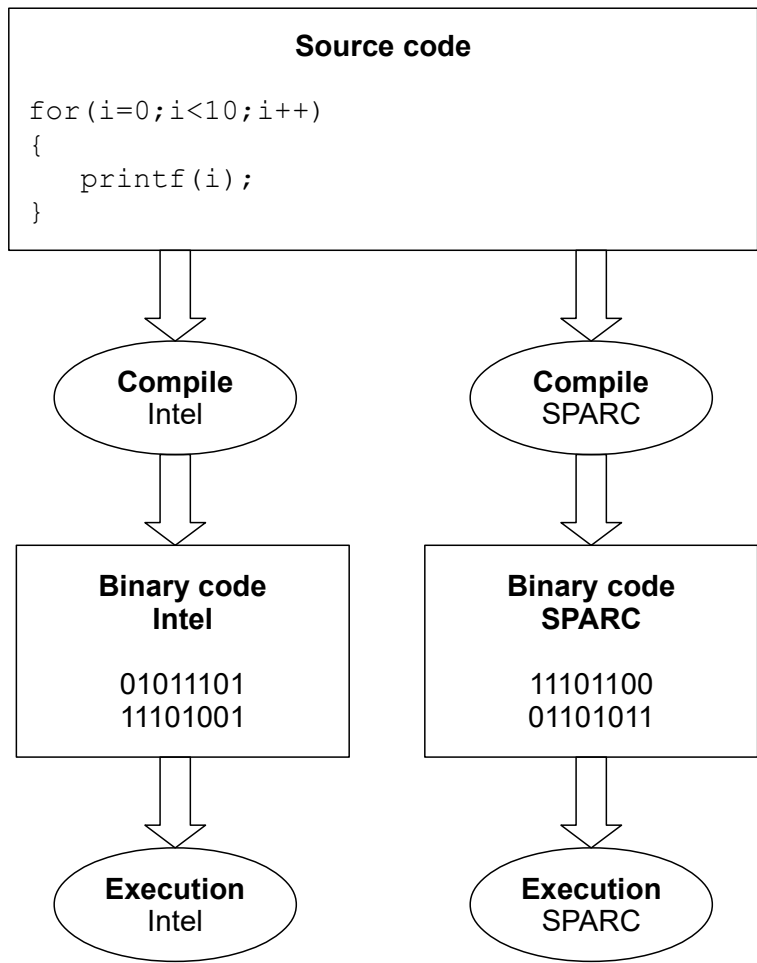
worden de binaire codes vervangen door gebruiksvriendelijkere woorden en symbolen. Het programma wordt geschreven in deze *Assembler*-codes en nadien vertaald in de overeenkomstige binaire codes.



Afbeelding 2: Vertaling Assembler naar binaire code

De *Assembler*-programmacode voor de verschillende processoren lijkt al meer op elkaar, maar toch is *Assembler* niet meer dan een gebruiksvriendelijke voorstelling van de binaire code. Het is dus geen echte programmeertaal. *Assembler* maakt het de programmeur gewoon wat makkelijker. Ondanks de grote gelijkenissen blijft de *Assembler*-taal toch specifiek voor iedere processor en is ze niet overdraagbaar naar andere processoren.

Bij **hogere programmeertalen** zoals C/C++, Visual Basic, Pascal, Cobol enzovoort wordt de programmacode geschreven in een vrij gebruiksvriendelijke taal: met woorden in plaats van met binaire codes. Men noemt dit de 'broncode'. Zo'n programma wordt nadien omgezet in de juiste binaire code voor een bepaalde processor. Dit noemt men de 'objectcode'. Deze programmeertalen noemt men ook wel "**derde generatie programmeertalen**".



Afbeelding 3: Compilatie van broncode

Sommige hogere programmeertalen (zoals C/C++) zijn overdraagbaar. Dat wil zeggen dat een programma geschreven in die taal onafhankelijk is van het type processor dat nadien de instructies zal uitvoeren. De programmacode wordt nadien vertaald naar de juiste binaire instructies voor die specifieke processor.

Het omzetten van die programmaregels naar die binaire code kan op twee verschillende momenten gebeuren: ofwel op voorhand ofwel tijdens de uitvoering van het programma.

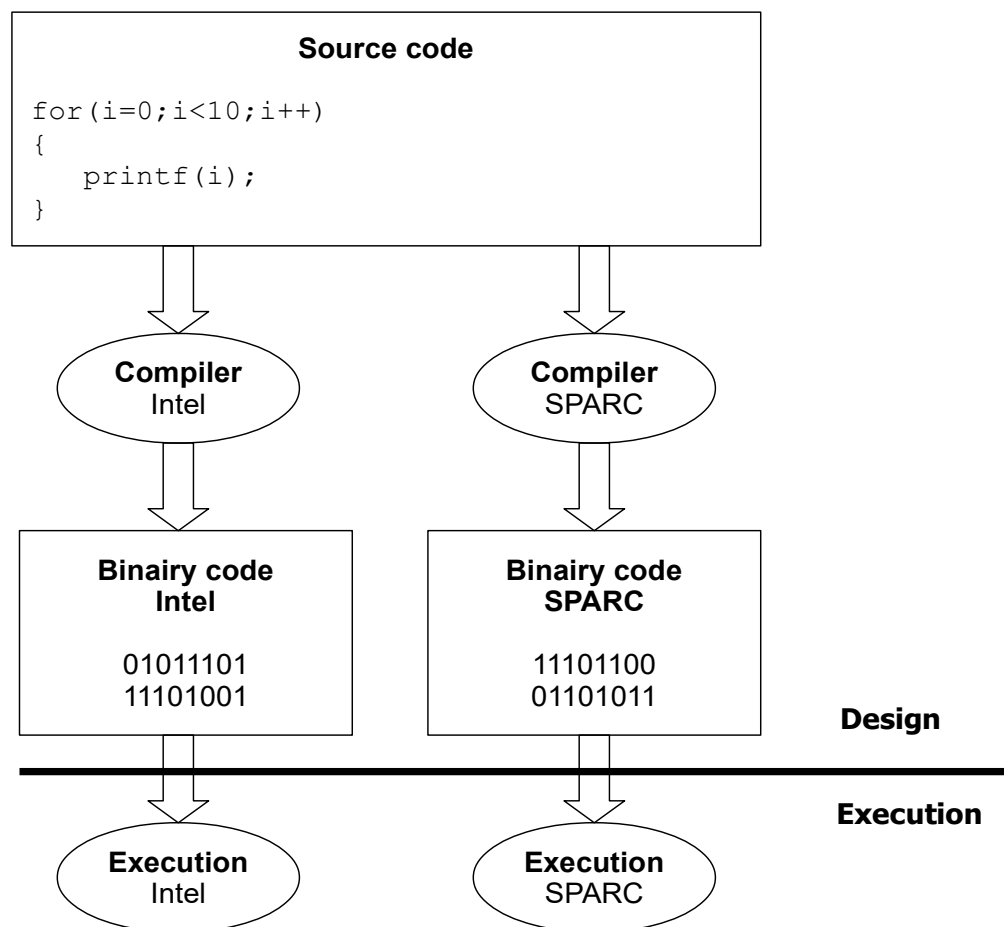
Op basis van dit vertaalmoment worden programmeertalen in twee groepen verdeeld:

1. Gecompileerde programmeertalen
2. Geïnterpreteerde programmeertalen

1.2.1.1 Gecompileerde programmeertalen

Bij gecompileerde programmeertalen wordt de broncode weggeschreven in een tekstbestand. Deze broncode wordt vervolgens vertaald naar de binaire objectcode die wordt weggeschreven in een uitvoerbaar binair bestand. Men noemt dit proces 'compileren' en dit wordt gedaan door een *compiler*.

Nadien wordt de binaire code van het bestand ingeladen en uitgevoerd door de processor.



Afbeelding 4: Gecompileerde programmeertalen

Ieder type processor heeft zijn eigen compiler die de programmacode kan omzetten in de juiste binaire codes voor de processor.

Voordelen:

1. De broncode van gecompileerde talen is **overdraagbaar**. Men kan programma's schrijven in één taal en toch laten uitvoeren op verschillende machines.
2. Gecompileerde programma's zijn **snel** omdat de binaire code rechtstreeks wordt uitgevoerd.
3. De objectcode is binair en kan dus moeilijk aangepast of gebruikt worden door anderen. Zonder de overeenkomstige broncode is het haast onmogelijk te achterhalen hoe een programma is opgebouwd. De broncode is dus goed **beschermd**.

Nadelen:

1. Voor elk type processor moet een afzonderlijk binair bestand (objectcode) gemaakt worden. De uitvoerbare programma's zijn niet overdraagbaar. De objectcode is met andere woorden **processorafhankelijk**. Dit vormt een probleem als programma's bijvoorbeeld over het internet verspreid worden. Er moet dan voor elk type computer een afzonderlijk uitvoerbaar bestand gemaakt worden.
2. Voor elk besturingssysteem moet het programma afzonderlijk gecompileerd worden

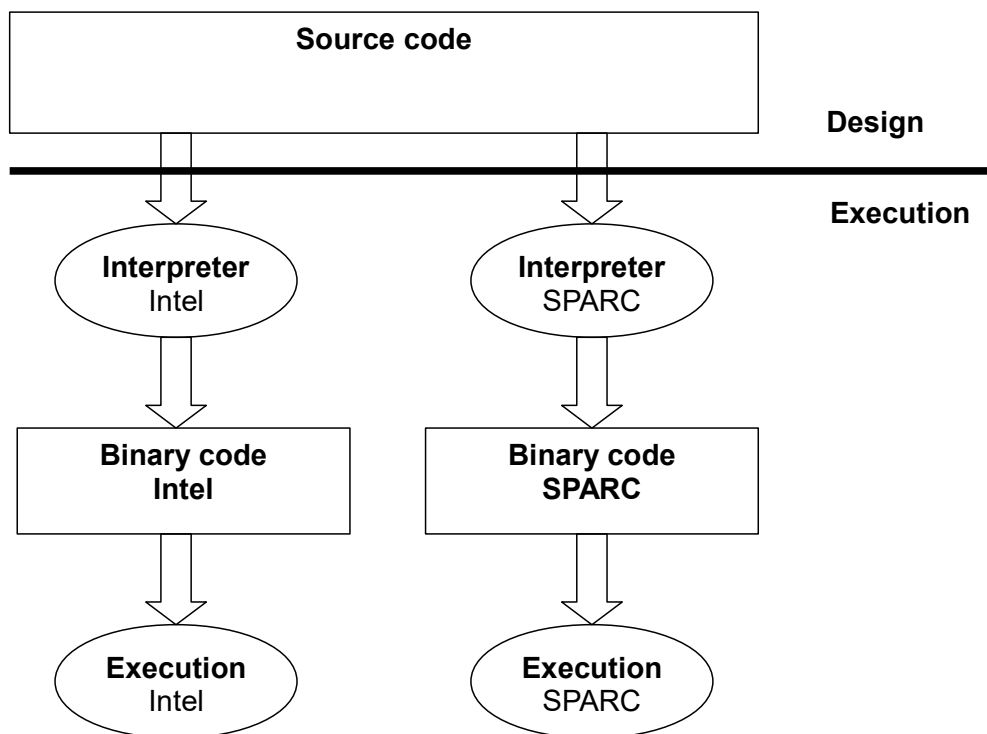


omdat de interactie met het besturingssysteem telkens anders is. Zowel de broncode als de objectcode zijn **afhankelijk van het besturingssysteem**.

- De programma's moeten eerst gecompileerd worden vooraleer ze getest kunnen worden. Na iedere aanpassing volgt nogmaals een compilatie. Het uittesten en *debuggen* is daardoor **omslachtig en tijdrovend**.

1.2.1.2 Geïnterpreteerde programmeertalen

Bij geïnterpreteerde programmeertalen wordt de vertaalslag gedaan tijdens de uitvoering van het programma. De broncode wordt ook hier opgeslagen in een tekstbestand en tijdens de uitvoering van het programma worden de programmaregels stap voor stap geïnterpreteerd en uitgevoerd. Er is dus geen intermediair bestand met objectcode.



Afbeelding 5: Geïnterpreteerde programmeertalen

Het interpreteren wordt in dit geval gedaan door een *interpreter*. Scripttalen (zoals *JavaScript*, *Visual Basic Script*) zijn over het algemeen geïnterpreteerde talen. In dit geval is het bijvoorbeeld de internetbrowser die dienst doet als *interpreter*.

Voordelen:

- De programmacode kan **snel aangepast** worden en onmiddellijk geëvalueerd worden.
- Programma's zijn **onmiddellijk overdraagbaar**, omdat de programmacode onafhankelijk is van de processor en het besturingssysteem. De vertaling gebeurt namelijk door de *interpreter*. Dit maakt dit soort talen uitermate geschikt voor verspreiding via het internet. Er is slechts één broncode die rechtstreeks kan dienen voor verschillende platformen.

Nadelen:

- De programma's werken traag, omdat alle programmastappen telkens weer



geïnterpreteerd moeten worden.

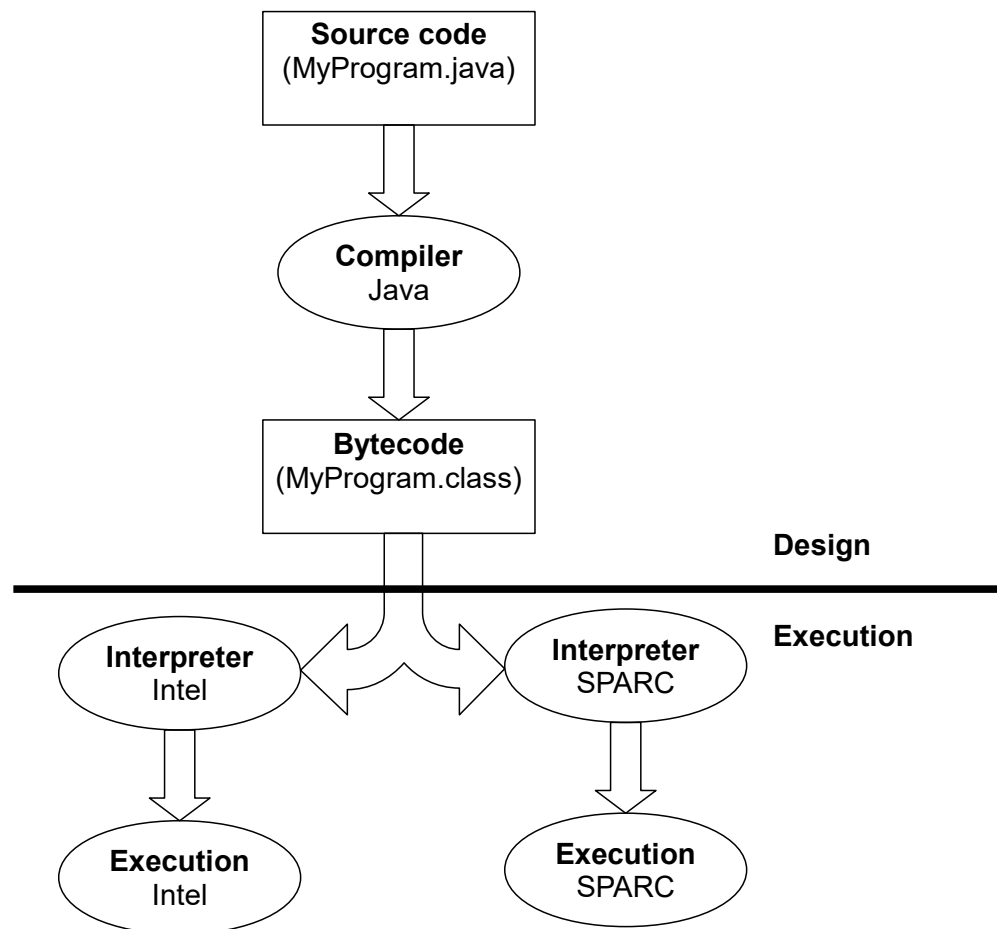
2. Het is moeilijk om de broncode te beschermen tegen illegaal gebruik. De programma's bestaan uit tekstbestanden die anderen naar believen kunnen kopiëren en aanpassen.

1.2.2 Java versus andere programmeertalen

Java is een buitenbeentje tussen de programmeertalen. Het is zowel een gecompileerde als geïnterpreteerde programmeertaal. Op die manier weet ze de voordelen van beide in zich te verenigen.

Een Java-programma wordt geschreven in een gewoon tekstbestand (broncode) met extensie **java** (voorbeeld **MyProgram.java**). In plaats van deze broncode te vertalen naar een binaire code voor een specifieke processor en besturingssysteem, wordt hij **gecompileerd** naar de binaire code van een virtuele machine met een virtuele processor en virtueel besturingssysteem. Men noemt dit de 'bytecode'. Hij wordt opgeslagen in een bestand met extensie **class** (voorbeeld **MyProgram.class**). Deze *bytecode* wordt nadien **geïnterpreteerd** en uitgevoerd door de *Java Virtual Machine* (JVM).

Dit wordt weergegeven in het volgende schema:



Afbeelding 6: Java als gecompileerde en geïnterpreteerde programmeertaal

Voordelen:

1. Gecompileerde Java-programma's zijn **overdraagbaar**. De *bytecode* is universeel en kan door elke JVM gebruikt worden. Dit maakt Java uitermate geschikt voor het gebruik op het



internet.

2. Vanwege de compacte en efficiënte *bytecode* is Java **sneller** dan de meeste geïnterpreteerde talen.
3. De *bytecode* kan bovendien ook nog **gecomprimeerd** worden en voorzien worden van een **digitale handtekening**. Dit is vooral interessant als software wordt gedownload van het internet.
4. De *bytecode* is beter **beschermd tegen illegaal gebruik** en aanpassingen.
5. Java is niet enkel processoronafhankelijk maar ook **platformonafhankelijk**.

Nadelen:

1. Java is **trager** dan pure gecompileerde programmeertalen omdat de *bytecode* uiteindelijk toch geïnterpreteerd moet worden. Dit euvel tracht men op te lossen door gebruik te maken van een *JIT compiler (Just In Time compiler)*. Deze compileert de Java-*bytecode* in binaire code de eerste keer dat de code uitgevoerd wordt. Het programma wordt dus net op tijd (*just in time*) gecompileerd. Dit zorgde aanvankelijk voor de nodige vertraging. De laatste versies van de JVM zijn echter gebaseerd op de **HotSpot**-technologie. Hierbij wordt nagegaan welk deel van de code het meest gebruikt wordt en enkel dit deel wordt gecompileerd tot binaire code. De weinig gebruikte *bytecode* wordt gewoon geïnterpreteerd.
2. Op elke computer waar een Java-programma wordt uitgevoerd, moet een **Java Virtual Machine (JVM)** beschikbaar zijn.

1.2.3 Kenmerken van Java als programmeertaal

Java heeft de volgende hoofdkenmerken:

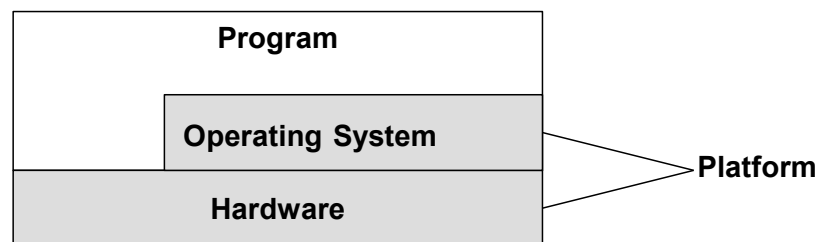
1. **Geïnterpreteerde programmeertaal:** De *bytecode* wordt stap voor stap geïnterpreteerd en uitgevoerd door de *Java Virtual Machine*. Door de *Hotspot*-technologie wordt de kritische code gecompileerd naargelang het nodig is.
2. **Overdraagbaar – platformonafhankelijk:** Java-toepassingen kunnen op verschillende platformen gebruikt worden. De *bytecode* is onafhankelijk van het type processor en het besturingssysteem.
3. **Objectgeoriënteerd:** Java is consequent objectgeoriënteerd.
4. **Gedistribueerd:** Java is uitermate geschikt voor gebruik in een netwerkomgeving. Java is uitgerust met een bibliotheek voor het gebruik in een netwerk. Het is mogelijk om met Java *client-server*-toepassingen te ontwikkelen.
5. **Robuust:** Java heeft een aantal mechanismen ingebouwd die deze programmeertaal zeer robuust maken. Zo zijn datatypes strikt gedefinieerd, er zijn geen *pointers* en voor het geheugenbeheer wordt gebruikgemaakt van *garbage collection* waardoor vervelende *memory leaks* vermeden worden.
6. **Multithreaded:** Java biedt de mogelijkheid programma's te schrijven met meerdere uitvoeringsaders (*threads*). Hierdoor kunnen in een Java-toepassing meerdere taken tegelijkertijd uitgevoerd worden.



7. **Veilig:** Java heeft een aantal mechanismen die de veiligheid van de toepassing waarborgen.
8. **Snel:** Hoewel Java als geïnterpreteerde taal aanzienlijk trager is dan pure gecompileerde talen, kan door middel van de **HotSpot**-technologie de uitvoeringssnelheid van gecompileerde talen toch benaderd worden.

1.3 Java als platform

Onder platform verstaan we de combinatie van hardware en een besturingssysteem. Het meest bekende platform is het **WINTEL**-platform. **WINTEL** is een samenvoeging van **Windows** en **Intel**. Windows is het besturingssysteem dat gebruik maakt van de hardware op basis van Intel-processoren (of compatibele processoren).

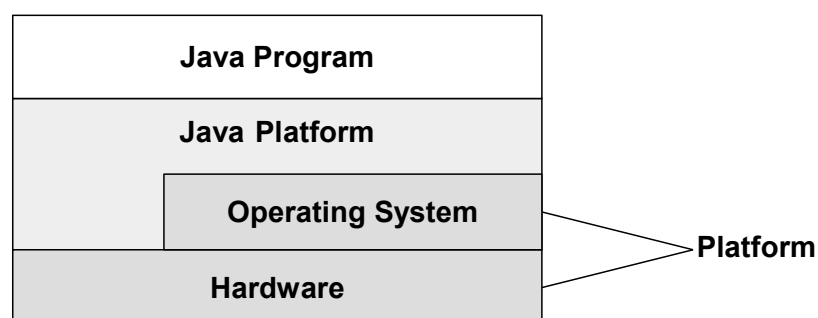


Afbeelding 7: Betekenis van een platform

Gecompileerde programma's worden doorgaans gecompileerd voor een specifiek platform. Een programma voor *Windows* werkt niet onder *Linux*, ook al maken ze beide gebruik van dezelfde hardware. Naast de juiste binaire instructies die afhankelijk zijn van de hardware, is er namelijk ook interactie met het besturingssysteem. Daarom moeten programma's opnieuw gecompileerd worden voor ieder afzonderlijk besturingssysteem. Na de compilatie worden deze programma's namelijk gekoppeld aan bibliotheken die de communicatie met het besturingssysteem verzorgen. In de *Windows*-omgeving hebben we bijvoorbeeld de WIN32-API.

Java is niet enkel een programmeertaal zoals beschreven in vorige paragraaf, maar Java biedt ook een eigen platform aan waarbinnen de Java-toepassingen worden uitgevoerd. Het Java-platform is louter softwarematig en is gebouwd bovenop het gewone platform. Dit wil zeggen dat het Java-platform abstractie maakt van het concrete hardwareplatform en de programmacode isoleert. Juist hierdoor is Java overdraagbaar en platformonafhankelijk.

Dit impliceert wel dat het Java-platform zelf niet platformonafhankelijk is. Ieder platform moet over zijn eigen JVM beschikken. Het zijn enkel de Java-programma's die platformonafhankelijk zijn.



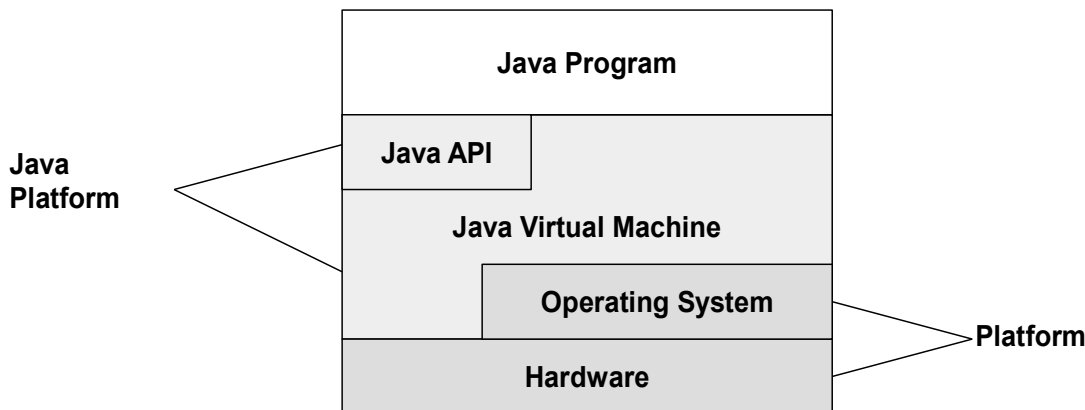
Afbeelding 8: Java als platform



Het Java-platform bestaat uit twee componenten:

1. De **Java Virtual Machine (Java VM)**: deze interpreteert de *bytecode* en maakt gebruik van de onderliggende hardware en het onderliggende besturingssysteem om de instructies uit te voeren.
2. De **Java Application Programming Interface (Java API)**: dit is een verzameling van softwarecomponenten die gebruikt kunnen worden door het Java-programma. Deze componenten zijn gegroepeerd in zogenaamde *packages*.

Het complete schema ziet er dan als volgt uit:



Afbeelding 9: Onderdelen van het Java-platform

1.4 Soorten Java-toepassingen

Java-toepassingen bestaan in verschillende vormen:

1. **Java-desktopapplicaties**: Dit zijn *standalone*-toepassingen die net als andere programma's worden uitgevoerd op de computer. De JVM op de computer interpreteert de *bytecode* en voert de instructies uit. Om Java-toepassingen uit te voeren moet men eerst de JVM installeren op de computer.
2. **Java-serverapplicaties**: Dit zijn Java-applicaties die uitgevoerd worden op een (web)server. Doorgaans zijn deze toepassingen toegankelijk via de webbrowser. Het is in dit geval niet nodig de JVM te installeren op de computer aangezien alle code wordt uitgevoerd op de server.

1.5 Samenvatting

In dit hoofdstuk hebben we gezien dat er verschillende soorten programmeertalen zijn: de gecompileerde talen en de geïnterpreteerde talen. Beide hebben hun voordelen en nadelen. Java is zowel een gecompileerde als geïnterpreteerde taal waardoor de voordelen van beide gecombineerd worden. Daarnaast is Java meer dan een programmeertaal; het is ook een eigen platform dat abstractie maakt van het onderliggende concrete platform. Hierdoor zijn Java-toepassingen echt platformonafhankelijk.



Hoofdstuk 2: De *Java Development Kit*

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk leren we wat een ontwikkelaar nodig heeft om Java-toepassingen te ontwikkelen. Tevens zullen we deze benodigdheden installeren op ons systeem.

2.2 JDK en documentatie

Om Java-programma's te kunnen ontwikkelen en uitvoeren hebben we allerlei toepassingen nodig om code te compileren, te debuggen en uit te voeren via de *Java Virtual Machine (JVM)*. Deze toepassingen zijn samengebracht in de **Java Development Kit (JDK)**.

Op basis van deze JDK kan een aangepaste **Java Runtime Environment (JRE)** gemaakt worden die enkel bedoeld is voor het uitvoeren van de code en die samen met de programmacode geïnstalleerd kan worden op het systeem waar de toepassing zal moeten draaien. We zullen later zien hoe we zo'n JRE kunnen aanmaken.

Daarnaast moeten we ook beschikken over de nodige **documentatie**: deze kunnen we raadplegen op het internet of lokaal op ons systeem installeren.

Samengevat hebben we dus het volgende nodig:

- De **Java Development Kit (JDK)**.
- De **Java-API-documentatie**.

De JDK en de bijbehorende documentatie kunnen gratis van het internet gehaald worden op de volgende website: <http://java.oracle.com>

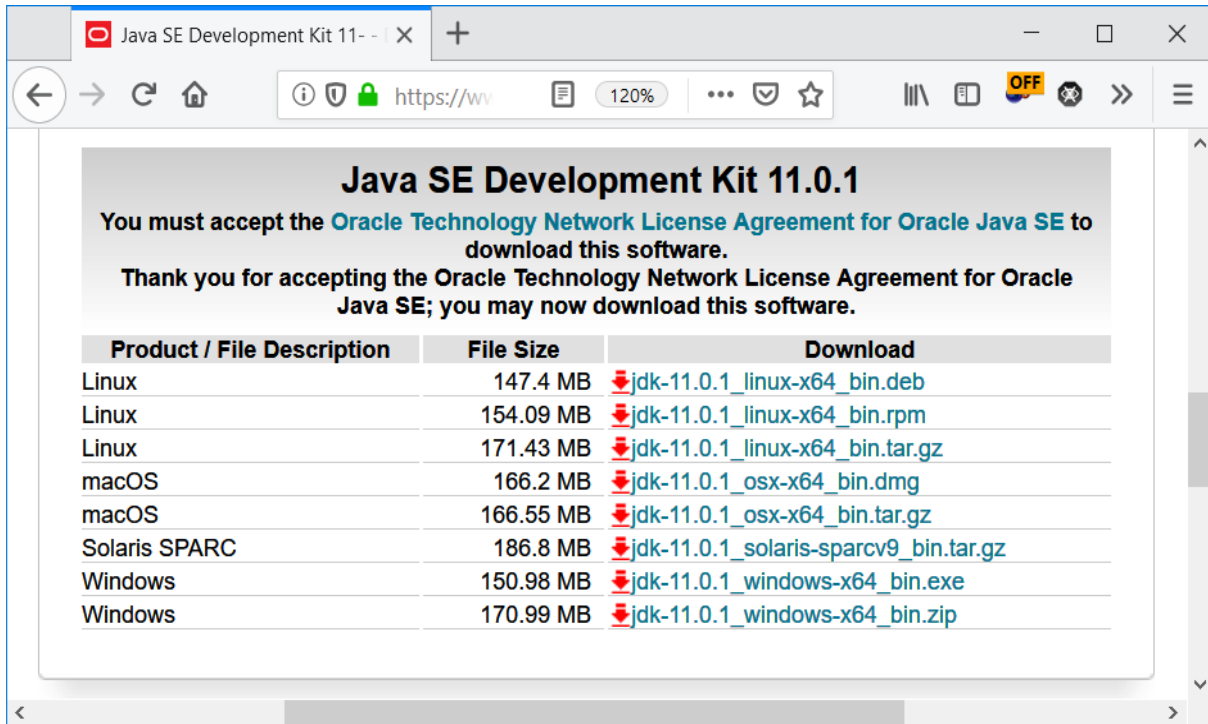
Aangezien de JVM zelf en de bijbehorende hulpprogramma's niet platformonafhankelijk zijn, dient men de juiste versie van de JDK te downloaden.

Opdracht 1: De JDK installeren

In deze opdracht gaan we JDK 11 van de website plukken en installeren. Tevens zullen we de omgevingsvariabelen JAVA_HOME en PATH instellen zodat we de programma's van de JDK op om het even welke plek op ons systeem kunnen gebruiken.

- Download de installatiebestanden van JDK 11 van de website <http://java.oracle.com>. Ga naar de downloadpagina en kies de versie die overeenkomt met je platform¹.

¹ Het versienummer kan verschillen van hetgeen in de afbeelding wordt weergegeven. Installeer gewoon de laatste versie van JDK 11 die op dit moment beschikbaar is.



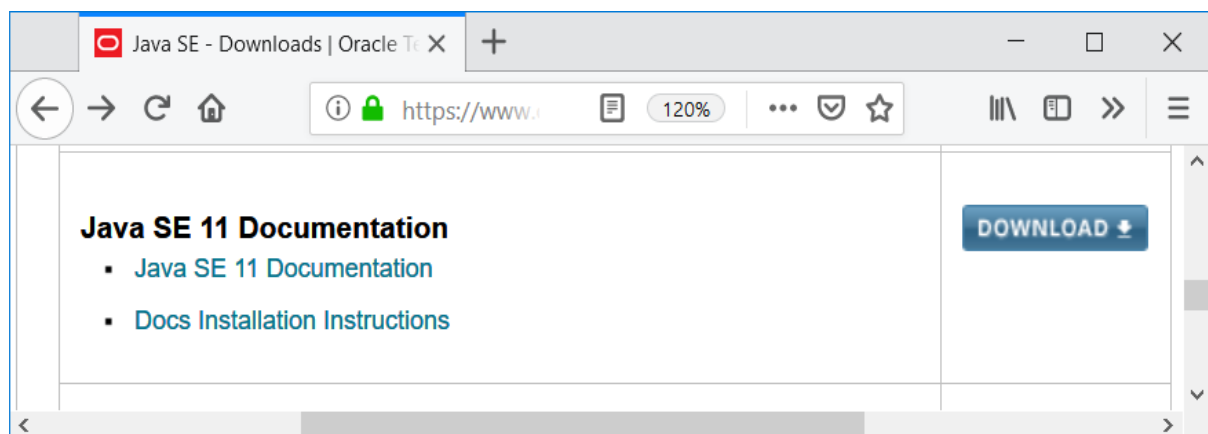
Afbeelding 10: Downloadpagina van de JDK

- Voer het installatieprogramma uit en gebruik hierbij telkens de standaardinstellingen.

Opdracht 2: De JDK-documentatie installeren

In deze opdracht gaan we de documentatie bij de JDK lokaal installeren zodat we die steeds ter beschikking hebben, ook als we niet verbonden zijn met het internet.

- Haal de JDK-documentatie van de website <http://java.oracle.com>. Selecteer **Download** bij **Java SE 11 Documentation**.



Afbeelding 11: Downloadpagina van de Java-API-documentatie

- Pak het bestand **jdk-11.x.y_doc-all.zip**¹ uit in een lokale map.
- Open het bestand **..docs\index.html** en maak eventueel een snelkoppeling naar dit bestand op het bureaublad of in het *Start*-menu.

¹ x en y staan voor het versienummer.