



Noël Vaes

Java Trainer & Consultant



## Java 17 Fundamentals

Roode Roosstraat 5  
3500 Hasselt  
België

+32 474 38 23 94  
[noel@noelvaes.eu](mailto:noel@noelvaes.eu)  
[www.noelvaes.eu](http://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.

30/09/2021

Copyright© 2021 Noël Vaes



# Inhoudsopgave

<b>Hoofdstuk 1: Inleiding.....</b>	<b>10</b>
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.....	14
1.2.3 Kenmerken van Java als programmeertaal.....	16
1.3 Java als platform.....	16
1.4 Soorten Java-toepassingen.....	18
1.5 Samenvatting.....	18
<b>Hoofdstuk 2: De Java Development Kit.....</b>	<b>19</b>
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
<b>Hoofdstuk 3: Mijn eerste Java-toepassing.....</b>	<b>28</b>
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
<b>Hoofdstuk 4: Programmatielogica.....</b>	<b>34</b>
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
<b>Hoofdstuk 5: De Java-programmeertaal.....</b>	<b>44</b>
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.....	50
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.....	62
5.3.3 Logische operatoren.....	63
5.3.4 Shift-operatoren.....	63



5.3.5 Bit-operatoren.....	67
.....	71
5.3.6 Toekenningsoperatoren.....	71
5.3.7 Conditionele operatoren.....	73
5.3.8 Overige operatoren.....	74
5.3.9 Prioriteitsregels.....	75
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> en de switch <i>expression</i> .....	84
5.5.4 Het while en do while <i>statement</i> .....	90
5.5.5 Het for <i>statement</i> of zelftellende lus.....	95
5.6 Methoden.....	98
5.7 Samenvatting.....	105
<b>Hoofdstuk 6: Objectgeoriënteerd programmeren.....</b>	<b>106</b>
6.1 Inleiding.....	106
6.2 Inleiding in het objectgeoriënteerd programmeren.....	106
6.2.1 Objecten.....	106
6.2.2 Boodschappen.....	108
6.2.3 Klassen.....	110
6.3 Werken met bestaande objecten.....	111
6.3.1 Inleiding.....	111
6.3.2 Objecten maken van een bestaande klasse.....	111
6.3.3 Objecten gebruiken.....	115
6.3.4 Objecten opruimen.....	116
6.4 Tekenreeksen.....	117
6.4.1 Inleiding.....	117
6.4.2 De klasse String.....	117
6.4.3 De klasse StringBuilder.....	128
6.4.4 Strings samenvoegen met de + operator.....	131
6.4.5 Gegevens formatteren met de klasse Formatter.....	132
6.5 Samenvatting.....	136
<b>Hoofdstuk 7: Arrays.....</b>	<b>138</b>
7.1 Inleiding.....	138
7.2 Arrays maken.....	138
7.3 Arrays gebruiken.....	140
7.4 De uitgebreide for-lus (for each).....	141
7.5 Arrays van objecten.....	142
7.6 Arrays van arrays.....	144
7.7 Lookup tables.....	147
7.8 Methoden met een variabel aantal parameters.....	148
7.9 Samenvatting.....	149
<b>Hoofdstuk 8: Klassen definiëren.....</b>	<b>151</b>
8.1 Inleiding.....	151
8.2 De declaratie van de klasse.....	152
8.3 De klassenomschrijving ( <i>body</i> ).....	153
8.3.1 Eigenschappen.....	154
8.3.2 Methoden.....	156
8.3.3 Constructors.....	165
8.3.4 <i>Instance members</i> en <i>class members</i> .....	168



8.3.5 De klasse Math.....	174
8.4 Samenvatting.....	176
<b>Hoofdstuk 9: Associaties.....</b>	<b>177</b>
9.1 Inleiding.....	177
9.2 Associaties.....	177
9.3 Aggregaties.....	178
9.4 Composities.....	180
9.5 High cohesion.....	181
9.6 Samenvatting.....	181
<b>Hoofdstuk 10: Overerving en klassenhiërarchie.....</b>	<b>183</b>
10.1 Inleiding.....	183
10.1.1 Subklassen en superklassen.....	183
10.1.2 Overerving.....	183
10.1.3 Klassenhiërarchie.....	184
10.1.4 Abstracte klassen.....	185
10.2 Subklassen definiëren in Java.....	185
10.3 Eigenschappen van subklassen.....	186
10.3.1 Overerven van eigenschappen.....	186
10.3.2 Toevoegen van eigenschappen.....	187
10.3.3 Vervangen (verbergen) van eigenschappen.....	187
10.4 Methoden van subklassen.....	188
10.4.1 Overerven van methoden.....	188
10.4.2 Toevoegen van methoden.....	189
10.4.3 Vervangen van methoden ( <i>override</i> ).....	190
10.4.4 Polymorfisme.....	192
10.5 Constructors van subklassen.....	194
10.6 Klasseneigenschappen en klassenmethoden.....	195
10.7 Final-klassen en methoden.....	197
10.8 Abstracte klassen.....	198
10.9 De superklasse Object.....	201
10.9.1 Klassenhiërarchie.....	201
10.9.2 De operator <i>instanceof</i> .....	201
10.9.3 Methoden van de Object-klasse.....	203
10.10 Polymorfisme (bis).....	206
10.11 Code hergebruik: overerving versus associaties.....	207
10.12 Samenvatting.....	210
<b>Hoofdstuk 11: De opsomming.....</b>	<b>211</b>
11.1 Inleiding.....	211
11.2 Eigenschappen, methoden en constructors.....	213
11.3 Samenvatting.....	215
<b>Hoofdstuk 12: Eenvoudige klassen.....</b>	<b>217</b>
12.1 Inleiding.....	217
12.2 <i>Wrappers</i> voor primitieve datatypes.....	217
12.2.1 <i>Wrapper</i> -klassen.....	217
12.2.2 Autoboxing.....	218
12.2.3 <i>Static members</i> .....	221
12.3 Datums en tijden.....	222
12.3.1 Inleiding.....	222
12.3.2 Computertijden: de klasse <i>Instant</i> .....	223
12.3.3 Menselijke datums en tijden.....	224
12.3.4 Tijdsduur.....	228
12.3.5 Formattering van datums en tijden.....	229
12.3.6 Omzetting van en naar <i>Date</i> en <i>Calendar</i> .....	231
12.4 Samenvatting.....	231



<b>Hoofdstuk 13: Interfaces.....</b>	<b>232</b>
13.1 Inleiding.....	232
13.2 Een interface definiëren.....	233
13.2.1 De declaratie van de interface.....	234
13.2.2 De beschrijving van de interface.....	234
13.3 Een interface implementeren in een klasse.....	236
13.4 Standaardmethoden.....	237
13.5 Statische methoden.....	238
13.6 De interface als datatype.....	239
13.7 Samenvatting.....	243
<b>Hoofdstuk 14: Verzegelde klassen en interfaces.....</b>	<b>244</b>
14.1 Inleiding.....	244
14.2 Verzegelen van een klasse of interface.....	244
14.3 Subklassen van een verzegelde klasse of interface.....	244
14.4 Samenvatting.....	247
<b>Hoofdstuk 15: Geneste en anonieme klassen.....</b>	<b>248</b>
15.1 Inleiding.....	248
15.2 Gewone geneste klassen (inner classes).....	248
15.3 Lokale geneste klassen (local inner classes).....	250
15.4 Anonieme geneste klassen (anonymous inner classes).....	251
15.5 Static geneste klassen (static nested classes).....	252
15.6 Samenvatting.....	254
<b>Hoofdstuk 16: Exception handling.....</b>	<b>255</b>
16.1 Inleiding.....	255
16.2 <i>Exceptions</i> afhandelen.....	255
16.2.1 Een <i>exception</i> veroorzaken.....	256
16.2.2 Een <i>exception</i> opvangen.....	257
16.2.3 Meerdere <i>exceptions</i> opvangen.....	258
16.2.4 Gemeenschappelijke <i>exception handlers</i> .....	260
16.2.5 Het finally blok.....	262
16.3 <i>Exceptions</i> genereren.....	263
16.3.1 Het <i>throw-statement</i> .....	263
16.3.2 <i>Exceptions</i> bij vervangen methoden.....	265
16.4 Soorten <i>exceptions</i> .....	265
16.4.1 <i>Exceptions</i> versus <i>errors</i> .....	265
16.4.2 <i>Checked exceptions</i> versus <i>runtime exceptions</i> .....	266
16.5 Zelf een <i>exception</i> -klasse maken.....	268
16.6 <i>Exceptions</i> opvangen, inpakken en verder gooien.....	269
16.7 Samenvatting.....	271
<b>Hoofdstuk 17: Records.....</b>	<b>272</b>
17.1 Inleiding.....	272
17.2 Definitie van een <i>record</i> .....	273
17.3 Constructors.....	274
17.4 Methoden.....	275
17.5 Statische variabelen en methoden.....	276
17.6 Overerving.....	276
17.7 Samenvatting.....	277
<b>Hoofdstuk 18: Javadoc.....</b>	<b>278</b>
18.1 Inleiding.....	278
18.2 Javadoc tags.....	278
18.2.1 Documentatie van klassen en interfaces.....	278
18.2.2 Documentatie van eigenschappen.....	280
18.2.3 Documentatie van methoden en constructors.....	280



18.2.4 Documentatie van pakketten.....	281
18.2.5 Overzichtsdocumentatie.....	281
18.3 JAVADOC-tool.....	281
18.4 Samenvatting.....	282
<b>Hoofdstuk 19: Generieken.....</b>	<b>283</b>
19.1 Inleiding.....	283
19.2 Generieke klassen.....	283
19.2.1 Generieken definiëren.....	284
19.2.2 Het gebruikte type inperken.....	289
19.2.3 Onbepaald type.....	291
19.2.4 Subklassen van generieke klassen.....	292
19.3 Generieke interfaces.....	292
19.4 Generieke methoden.....	296
19.4.1 Formele generieke parameters.....	296
19.4.2 Formele generieke parameters met <i>wildcards</i> .....	296
19.4.3 Formele generieke parameters met <i>bounded wildcards</i> .....	297
19.4.4 Type-parameters.....	299
19.5 Achter de schermen van de generieken.....	300
19.6 Arrays en generieken.....	301
19.7 Samenwerking tussen oude en nieuwe code.....	302
19.8 Samenvatting.....	303
<b>Hoofdstuk 20: Lambda Expressions.....</b>	<b>304</b>
20.1 Inleiding.....	304
20.2 Functionele interfaces.....	306
20.3 Definitie van lambda expressions.....	306
20.4 Methodereferenties.....	309
20.4.1 Statische methoden van een klasse of interface.....	309
20.4.2 Methoden van een gebonden object.....	311
20.4.3 Methoden van een ongebonden object.....	312
20.4.4 Constructorreferenties.....	312
20.5 Standaard functionele interfaces.....	315
20.5.1 Predicate<T>.....	315
20.5.2 Function<T,R>.....	316
20.5.3 Consumer<T>.....	317
<b>Hoofdstuk 21: Streaming API.....</b>	<b>319</b>
21.1 Inleiding: interne versus externe iteraties.....	319
21.2 Bron van <i>streams</i> .....	320
21.3 Bewerkingen.....	322
21.3.1 Eindbewerkingen.....	322
21.3.2 Tussenliggende bewerkingen.....	326
21.4 Samenvatting.....	330
<b>Hoofdstuk 22: Collections.....</b>	<b>331</b>
22.1 Het <i>Collections Framework</i> .....	331
22.2 De interface <i>Collection</i> en implementaties.....	331
22.2.1 <i>List</i> .....	334
22.2.2 <i>Set</i> .....	340
22.2.3 <i>SortedSet</i> & <i>NavigableSet</i> .....	345
22.2.4 <i>Queue</i> .....	347
22.2.5 <i>Deque</i> .....	349
22.2.6 Vergelijking tussen de implementaties.....	350
22.2.7 Het sorteren van verzamelingen.....	351
22.2.8 <i>Collections</i> en <i>streams</i> .....	359
22.3 De interface <i>Map</i> en implementaties.....	361
22.3.1 <i>Map</i> .....	361



22.3.2 SortedMap & NavigableMap.....	364
22.3.3 Vergelijking tussen de implementaties.....	365
<b>Hoofdstuk 23: Lezen en schrijven (I/O).....</b>	<b>366</b>
23.1 Inleiding.....	366
23.2 Mappen en bestanden.....	366
23.2.1 De interface Path.....	366
23.2.2 De klasse FileSystem.....	369
23.2.3 De klasse Files.....	369
23.2.4 De klasse File.....	372
23.3 IO-streams.....	372
23.3.1 Character streams.....	374
23.3.2 Byte streams.....	382
23.4 Object Serialization.....	387
23.4.1 Objecten serialiseren en deserialiseren.....	387
23.4.2 Klassen serialiseerbaar maken.....	388
23.4.3 Transiënte variabelen.....	390
23.4.4 Het serialisatiemechanisme aanpassen.....	392
23.4.5 Serialisatie en overerving.....	393
23.4.6 Versienummering.....	393
23.5 Programma-attributen.....	395
<b>Hoofdstuk 24: Java via de commandolijn.....</b>	<b>398</b>
24.1 Inleiding.....	398
24.2 Compileren.....	398
24.3 Modules maken.....	403
24.3.1 Inleiding.....	403
24.3.2 Een module definiëren.....	403
24.3.3 Pakketten exporteren.....	404
24.3.4 Afhankelijkheden van andere modules.....	404
24.3.5 Transitieve afhankelijkheden.....	407
24.3.6 Optionele afhankelijkheden.....	408
24.4 JAR-bestanden maken.....	408
24.4.1 Basisprincipes van een JAR.....	408
24.4.2 Een JAR-bestand maken.....	409
24.4.3 Een JAR-bestand opnemen in het modulepad.....	411
24.4.4 Resources uit een JAR-bestand lezen.....	414
24.5 Programma's uitvoeren.....	415
24.6 Soorten modules.....	416
24.6.1 Systeemmodules.....	416
24.6.2 Applicatiemodules.....	417
24.6.3 Automatische modules.....	417
24.6.4 Unnamed modules.....	417
24.7 Linken.....	418
<b>Hoofdstuk 25: Systeembronnen gebruiken.....</b>	<b>420</b>
25.1 Inleiding.....	420
25.2 De <i>System</i> -klasse.....	420
25.2.1 Standaard-I/O streams.....	420
25.2.2 Systeemeigenschappen.....	425
25.2.3 Overige methoden.....	427
25.3 Het <i>Runtime</i> object.....	428
25.4 De <i>ProcessBuilder</i> .....	428
<b>Hoofdstuk 26: Multithreading.....</b>	<b>430</b>
26.1 Inleiding: multiprocessing en multithreading.....	430
26.2 Een nieuwe <i>thread</i> creëren.....	431
26.2.1 Subklasse van de klasse <i>Thread</i> .....	432





26.2.2	De interface Runnable.....	434
26.2.3	<i>Thread</i> met <i>lambda expression</i> .....	435
26.3	De levenscyclus van <i>threads</i> .....	436
26.4	De uitvoering van <i>threads</i> in de toestand RUNNABLE.....	437
26.4.1	De scheduler.....	437
26.4.2	Prioriteiten van <i>threads</i> .....	438
26.4.3	Preëemptieve multitasking.....	438
26.4.4	Coöperatieve multitasking.....	439
26.5	Daemon threads.....	440
26.6	De wachtoestand.....	441
26.6.1	De slaaptoestand.....	441
26.6.2	Wachten op de beëindiging van een andere <i>thread</i> .....	444
26.7	Synchronisatie van threads (monitoring).....	445
26.7.1	Object locking.....	445
26.7.2	Wait() en notify().....	450
26.8	De Timer-klasse en de TimerTask-klasse.....	453
26.9	Concurrency framework.....	454
26.9.1	Concurrent collections.....	454
26.9.2	Atomaire objecten.....	456
26.9.3	Callable, ExecutorService and Future.....	458
26.10	Parallellisme met streams.....	459



# 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.

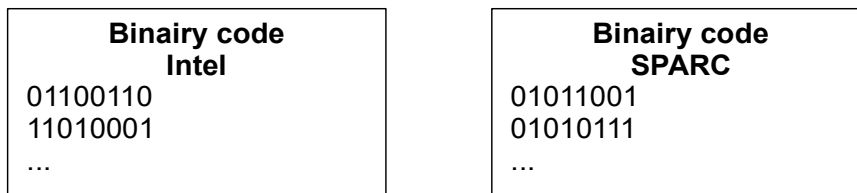
## 1.2 Java als programmeertaal

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 Oracle. Beide zijn op binair niveau helemaal niet compatibel. Binaire codes voor de Intel kunnen niet door de SPARC gebruikt worden en omgekeerd.



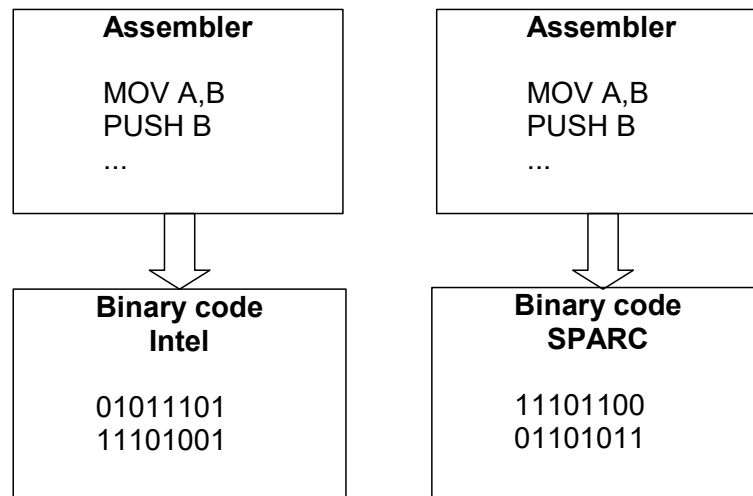
*Afbeelding 1: Binaire code Intel versus SPARC*

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*



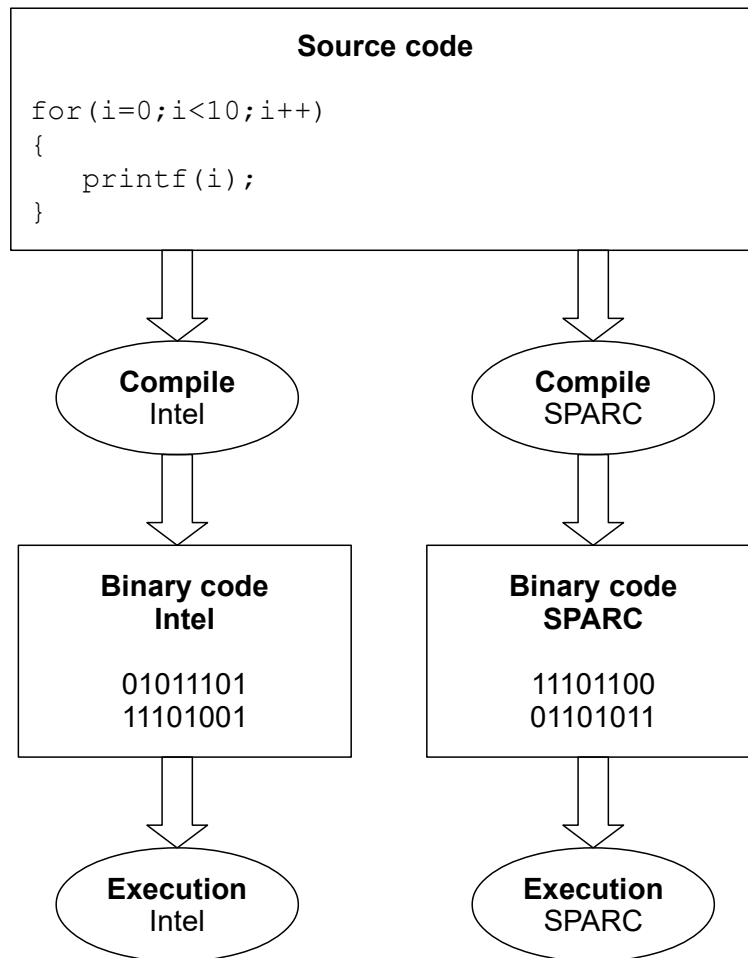
worden de binaire codes vervangen door meer gebruiksvriendelijke woorden en symbolen. Het programma wordt geschreven in deze *Assembler*-codes en nadien vertaald in de overeenkomstige binaire codes.



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.

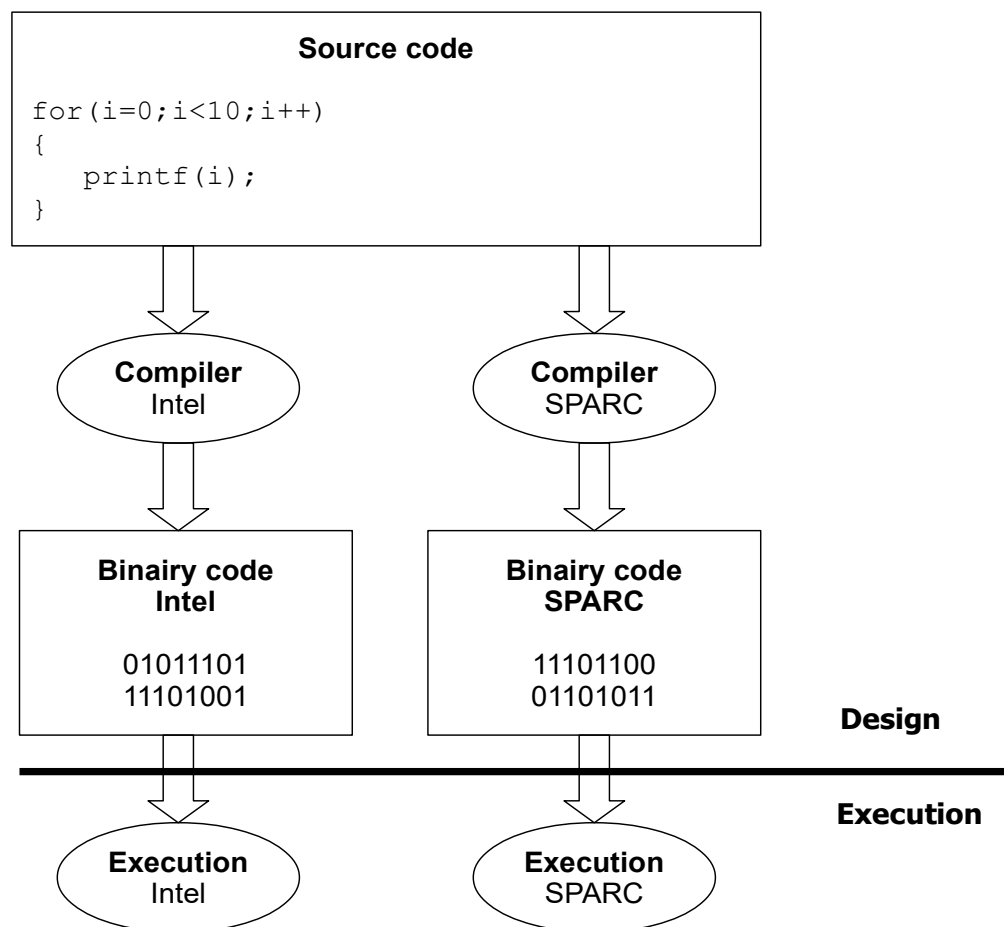
Op basis van dit vertaalmoment worden programmeertalen in twee groepen verdeeld:

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

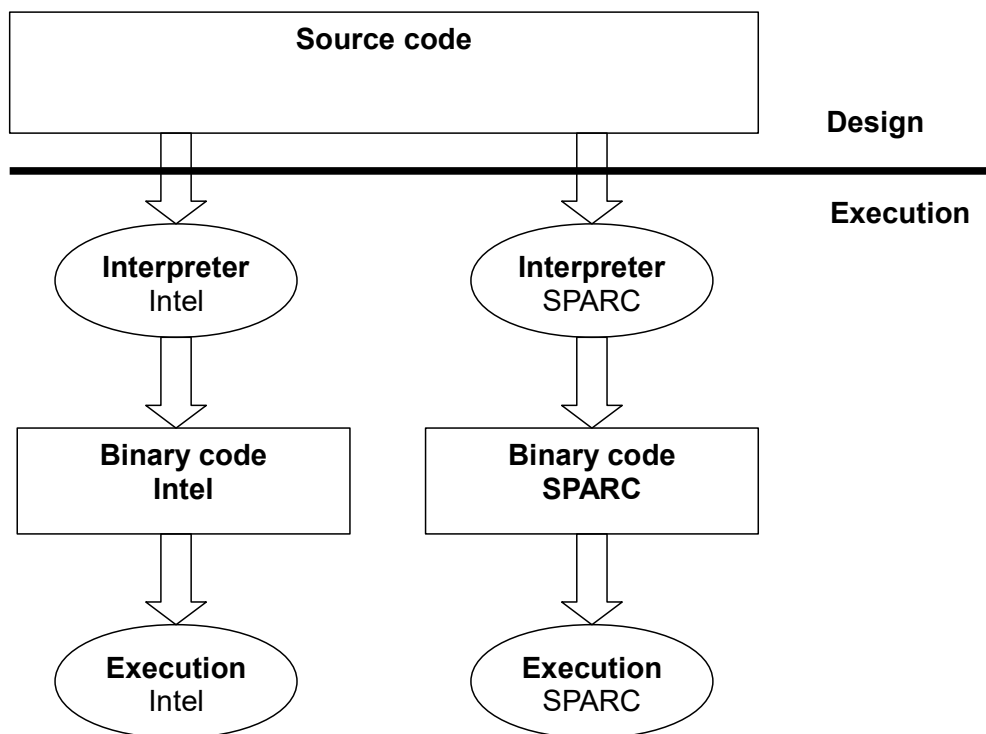


omdat de interactie met het besturingssysteem telkens anders is. Zowel de broncode als de objectcode zijn **afhankelijk van het besturingssysteem**.

- 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.

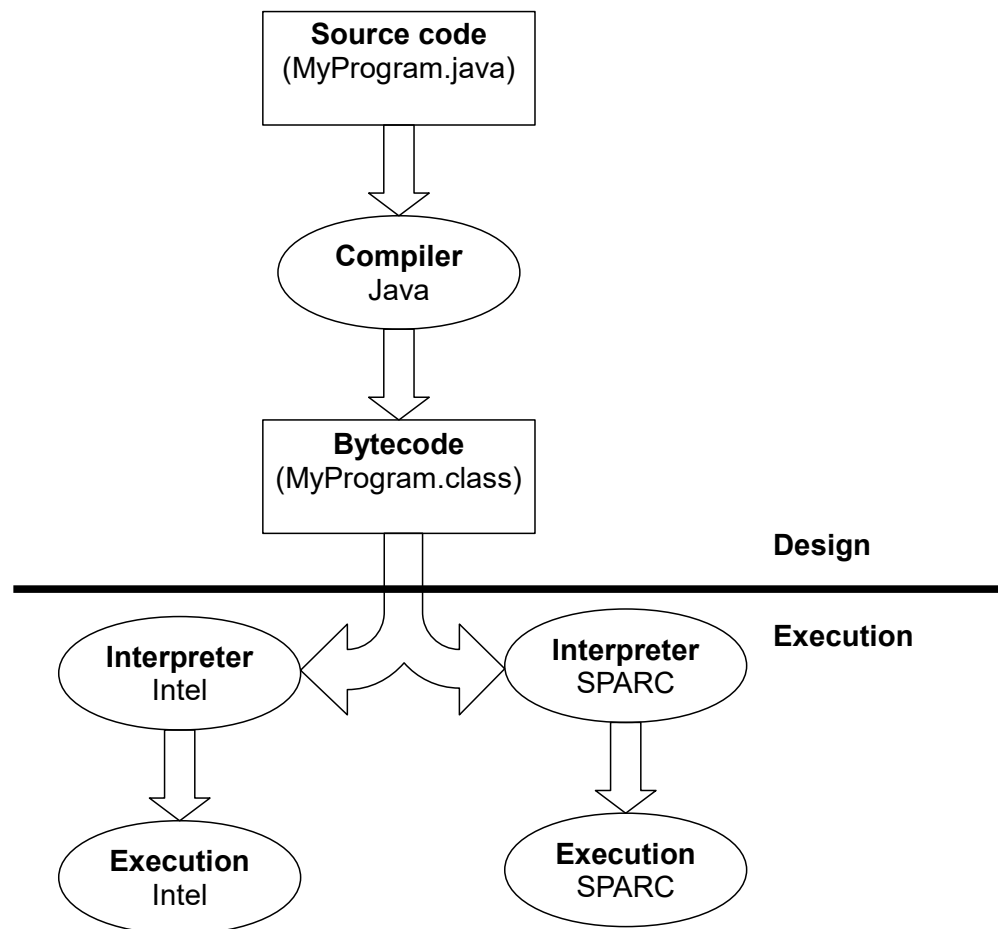
2. Het is moeilijk om de broncode te beschermen tegen illegaal gebruik. De programma's bestaan uit tekstbestanden die anderen naar believen kunnen kopiëren en aanpassen.

### 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.

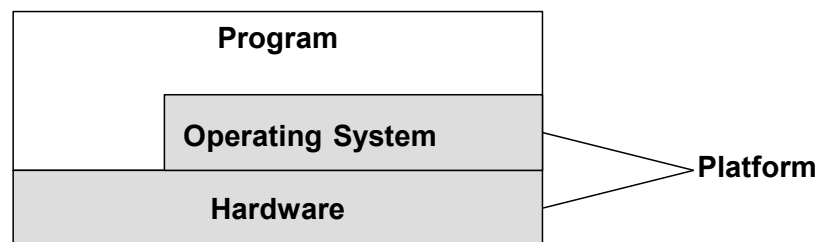




7. **Veilig:** Java heeft een aantal mechanismen die de veiligheid van de toepassing waarborgen.
8. **Snel:** Hoewel Java als geïnterpreteerde taal aanzienlijk trager is dan pure gecompileerde talen, kan door middel van de **HotSpot**-technologie de uitvoeringssnelheid van gecompileerde talen toch benaderd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

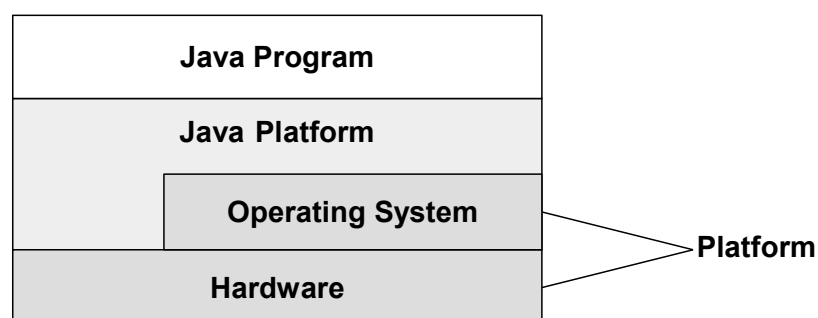


Afbeelding 7: Betekenis van een platform

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.



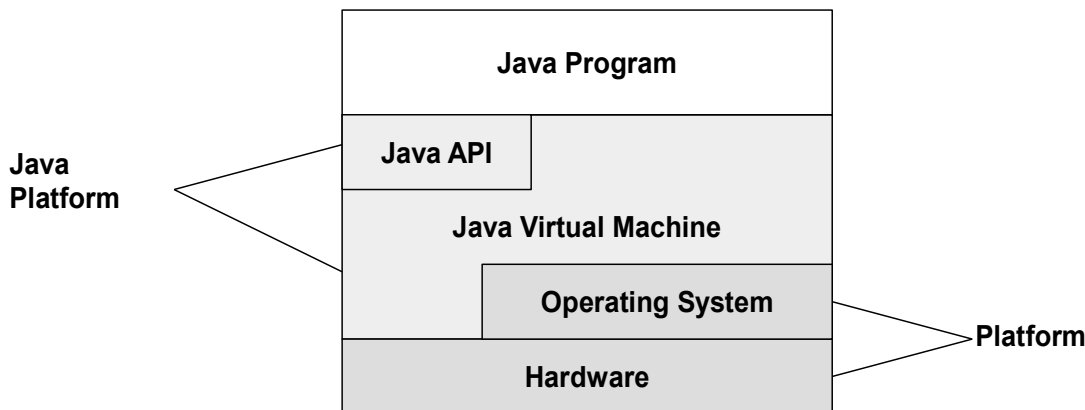
Afbeelding 8: Java als platform



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 benodigheden 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: <https://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 17 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 17 van de website <https://java.oracle.com>. Ga naar de downloadpagina en kies de versie die overeenkomt met je platform<sup>1</sup>: *Linux*, *macOS* of *Windows*.

---

<sup>1</sup> Het versienummer kan verschillen van hetgeen in de afbeelding wordt weergegeven. Installeer gewoon de laatste versie van JDK 17 die op dit moment beschikbaar is.



Linux   macOS   **Windows**

Product/file description	File size	Download
x64 Compressed Archive	170.64 MB	<a href="https://download.oracle.com/java/17/latest/jdk-17_windows-x64_bin.zip">https://download.oracle.com/java/17/latest/jdk-17_windows-x64_bin.zip</a> (sha256 <a href="#">↗</a> )
x64 Installer	151.99 MB	<a href="https://download.oracle.com/java/17/latest/jdk-17_windows-x64_bin.exe">https://download.oracle.com/java/17/latest/jdk-17_windows-x64_bin.exe</a> (sha256 <a href="#">↗</a> )
x64 MSI Installer	150.88 MB	<a href="https://download.oracle.com/java/17/latest/jdk-17_windows-x64_bin.msi">https://download.oracle.com/java/17/latest/jdk-17_windows-x64_bin.msi</a> (sha256 <a href="#">↗</a> )

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 **Documentation Download** op dezelfde pagina waar je de JDK gevonden hebt.

**Java SE Development Kit 17 Documentation**

This software is licensed under the [Java SE Development Kit 17 Documentation License Agreement](#)

Product / File Description	File Size	Download
Documentation	48.94 MB	<a href="#">jdk-17_doc-all.zip</a>

Afbeelding 11: Downloadpagina van de Java-API-documentatie

- Pak het bestand **jdk-17\_doc-all.zip** 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.