

Inhoud

Inleiding—1

Leerdoelen 1

1 Aftrap—3

- 1.1 Aanschaf 3
- 1.2 Arduino UNO R3 of Arduino MEGA 2560? 4
- 1.3 Poorten en voeding 5
- 1.4 Systeemeisen 6
- 1.5 Software 6
- 1.6 Arduino met pc verbinden 10
- 1.7 Software instellen 11

2 Eerste project—13

- 2.1 Knipperende LED 13
- 2.2 Sketch 15
- 2.3 Functies en waarden 17
- 2.4 Verifieer versus Upload 18
- 2.5 Oefeningen 19
 - 2.5.1 Oefening – Knippersnelheid aanpassen 19
 - 2.5.2 Oefening – Sketch opslaan en openen 19
 - 2.5.3 Oefening – Zonder USB-kabel 19

3 Werken met componenten—21

- 3.1 Breadboard 21
- 3.2 LED 22
- 3.3 Halfgeleider 23
- 3.4 Weerstand 24
- 3.5 LED en weerstand aansluiten 25
- 3.6 Oefeningen 26
 - 3.6.1 Oefening – Twee LEDs knipperen 27
 - 3.6.2 Oefening – Versnelde LED 29
 - 3.6.3 Oefening – Externe LEDs zelfstandig laten knipperen 29
 - 3.6.4 Oefening – Knight Rider 30
 - 3.6.5 Oefening* – Morsecode 30

* Oefeningen gemerkt met een asterisk zijn voor differentiatie.

4 Digitale input en output—31

- 4.1 Drukknopschakelaar 31
- 4.2 HIGH en LOW 32
- 4.3 In- en uitgangen (digitaal) 33
- 4.4 Pull-down-weerstand 34
- 4.5 Pull-up-weerstand 35
- 4.6 LED in- en uitschakelen 35
- 4.7 Oefeningen 38
 - 4.7.1 *Oefening – 30 seconden uitschakelvertraging* 38
 - 4.7.2 *Oefening – Looplicht van acht LEDs op schakelaar* 39
 - 4.7.3 *Oefening* – Veranderende functie van de schakelaar* 39
 - 4.7.4 *Oefening* – Toggle-schakelaar* 39

5 Analoge sensors – deel 1—40

- 5.1 Spanningsdeler 40
- 5.2 Potentiometer 41
- 5.3 Regel knippersnelheid met potentiometer 42
- 5.4 Lichtsensor LDR 43
- 5.5 LDR-spanningsdeler 44
- 5.6 Oefeningen 47
 - 5.6.1 *Oefening – Automatische verlichting* 47
 - 5.6.2 *Oefening* – Volkomen rood kruispunt* 48

6 Rekenen op Seriële monitor—49

- 6.1 Vermenigvuldigen 49
- 6.2 Optellen 52
- 6.3 Stopwatch 53
- 6.4 Oefeningen 54
 - 6.4.1 *Oefening – Aftellende klok* 54

7 Analoge sensors – deel 2—55

- 7.1 Temperatuursensor LM35 55
- 7.2 Temperatuurmeting 57
- 7.3 Druksensor 60
- 7.4 Drukmeting 62
- 7.5 Gassensor MQ-x 65
- 7.6 Gasmeting (mg/l en ppm) 67
- 7.7 Oefeningen 67
 - 7.7.1 *Oefening – Lumenmeter* 67
 - 7.7.2 *Oefening – Tellen* 67
 - 7.7.3 *Oefening* – Alcoholslot* 67

8 Digitale sensors—68

- 8.1 DHT11 temperatuur- en relatieve-luchtvochtigheidsensor 68
- 8.2 Meten met de DHT11 69

9 Library—70

- 9.1 Wat is een library? 70
- 9.2 Library installeren (standaard) 71
- 9.3 Library toevoegen – include 72
- 9.4 Library troubleshooting 73
- 9.5 Library installeren (custom) 74
- 9.6 Library gebruiken – vochtmeting met DHT11 77
- 9.7 Samenvatting – werken met libraries 81
- 9.8 Oefeningen 81
 - 9.8.1 *Oefening – DHT11 tot op twee decimalen nauwkeurig* 81
 - 9.8.2 *Oefening* – Thermostaat en hygrometer* 81

10 Displays—82

- 10.1 LCD-displays met 16 pinnen 82
- 10.2 LCD-display 1602 84
 - 10.2.1 *Wat is LCD-display 1602?* 84
 - 10.2.2 *Tekst weergeven op LCD-display 1602* 84
- 10.3 LCD-display 2004 86
 - 10.3.1 *Wat is LCD-display 2004?* 87
 - 10.3.2 *Kamertemperatuur en relatieve vochtigheid op LCD-display 2004* 87
- 10.4 I²C bussysteem 90
 - 10.4.1 *Wat is het I²C-bussysteem?* 90
 - 10.4.2 *Tekst op display tonen via I²C-interface* 91
- 10.5 Oefeningen 94
 - 10.5.1 *Oefening – Backlight* 94
 - 10.5.2 *Oefening – Vergelijk sensoren* 94
 - 10.5.3 *Oefening* – Verschil* 94

11 Actuatoren—95

- 11.1 Relais 95
- 11.2 Transistor 96
- 11.3 Relais schakelen met transistor 100
- 11.4 FET 101
- 11.5 PWM 102
 - 11.5.1 *Frequentie en duty cycle* 103
 - 11.5.2 *Duty cycle van PWM regelen met potentiometer* 104
 - 11.5.3 *PWM op de oscilloscoop* 105

11.6	Oefeningen	106
11.6.1	Oefening – LED-dimmer	106
11.6.2	Oefening – Lichtdimmer	106
11.6.3	Oefening* – Lichtdimmer in balans	106
12	Elektromotor—	107
12.1	Elektromotor schakelen met relais	107
12.2	Elektromotor schakelen en toerental regelen met FET	108
12.3	Servomotor	111
12.3.1	Werking servomotor	112
12.3.2	Servomotor aansturen met Arduino	114
12.4	Stappenmotor	115
12.4.1	Werking van de stappenmotor	115
12.4.2	Soorten stappenmotoren	117
12.4.3	Stappenmotor aansturen met Arduino	120
12.4.4	Stappenmotoraansturing zichtbaar gemaakt	124
12.5	Oefeningen	125
12.5.1	Oefening – Ventilator regelen met een DHT11	125
12.5.2	Oefening – Airco sweeper	126
12.5.3	Oefening – Stuurinrichting met stappenmotor	126
13	Data loggen—	127
13.1	Data loggen op SD-kaart	127
13.2	Oefeningen	132
13.2.1	Oefening – Relatie temperatuur en licht	132
14	Telemetrie—	134
14.1	Telemetrie in de praktijk	134
14.2	Datatransmissie via 433 MHz	135
14.2.1	Zenden op 433 MHz	136
14.2.2	Ontvangen op 433 MHz	139
14.2.3	Oefening – Professioneel weerstation via 433 MHz	142
14.3	Datatransmissie via het internet	142
14.3.1	Ethernet Shield W5100	142
14.3.2	Sensorwaarden monitoren op webpagina	146
14.4	Bluetooth	150
14.4.1	Bluetooth-module HC-06	150
14.4.2	Licht schakelen met smartphone	150
14.4.3	Verkeerslicht schakelen met smartphone	153

14.5	Oefeningen	156
14.5.1	<i>Oefening – E-Health</i>	156
14.5.2	<i>Oefening – Analoge regeling</i>	156
14.5.3	<i>Oefening* – Arduino Webserver met beeld</i>	157
15	Overige sensoren—	158
15.1	Ultrasonische afstandsmeter	158
15.2	Geluidssensor	159
15.3	Vochtgehaltesensor	159
15.4	Regensensor	160
15.5	BMP180 barometersensor	160
15.6	Windsnelheidsmeter (anemometer)	160
15.7	Shield	161
15.8	Oefeningen	163
15.8.1	<i>Oefening – Afstandsmeting en alarm met ultrasonische afstandsmeter</i>	163
15.8.2	<i>Oefening – VU-meter</i>	163
15.8.3	<i>Oefening* – Weerstation voltooien</i>	164
16	Arduino-programmeertaal—	165
16.1	Structuur	165
16.1.1	<i>Structuur – control</i>	166
16.1.2	<i>Structuur – divers</i>	169
16.1.3	<i>Structuur – rekenkundige bewerkingen</i>	171
16.2	Waarden – variabelen en constanten	172
16.2.1	<i>Variabelen</i>	172
16.2.2	<i>Typen variabelen</i>	173
16.2.3	<i>Constanten</i>	175
16.3	Functies	176
16.3.1	<i>Digitale input- en outputfuncties</i>	176
16.3.2	<i>Analoge input- en outputfuncties</i>	178
16.3.3	<i>Tijdfuncties</i>	179
16.3.4	<i>Wiskundige en goniometrische functies</i>	180
16.3.5	<i>Random waarden</i>	181
16.3.6	<i>Datacommunicatie</i>	182

Eindoefening—184

Appendix 1 Troubleshooting—185

- A1.1 Hardware – algemeen 185
- A1.2 Hardware – voedingsspanning 185
- A1.3 Hardware – spanning op analoge/digitale input 186
- A1.4 Hardware – GND 186
- A1.5 Hardware – MQ-x-gassensoren 186
- A1.6 Hardware – Ethernet Shield W5100 187
- A1.7 Software – Installatiefouten 188
- A1.8 Software – Foutmeldingen 188
- A1.9 Software – Aanhalingstekens 190
- A1.10 Software – Onrealistische sensorwaarden 191

Appendix 2 Datasheets—192

- A2.1 Datasheet weerstanden 192
- A2.2 Datasheet NPN-Transistor BC546..560 192
- A2.3 Datasheet N-Channel FET BUZ11 194
- A2.4 Datasheet LDR T9-serie 194
- A2.5 Datasheet DHT11 Sensor 195
- A2.6 Datasheet LM35 Sensor 195
- A2.7 MQ-3 Gassensor 196
- A2.8 Drukknopschakelaar 198
- A2.9 Voorbereidende soldeerinstructies displays 199

Appendix 3 ASCII-tabel—200**Appendix 4 Onderdelenlijst—201****Register—203**

Inleiding

Voor je ligt een boek waarin je op een praktische manier leert hoe je de Arduino moet programmeren en kunt toepassen in de praktijk. Het is de bedoeling dat je de grenzen van deze minicomputer opzoekt en vooral, dat je die grenzen passeert. Daar hoeft je echt niet veel moeite voor te doen. Want uit ervaring weet ik dat het leren snel overgaat in doen. Je zult merken dat er zoveel inspirerende en innoverende ideeën komen opborrelen, dat het werken met de Arduino bijna verslavend wordt. Laat bijvoorbeeld een verlicht reclamebord dansen op de maat van de muziek, maak een robot die anderen doet verbazen, laat Knight Rider herleven met lopende LEDs, bedenk het maar. Met de Arduino is echt alles mogelijk, dus overstijg vooral jezelf! Succes!

Jacco de Jong

Leerdoelen

- installeren van de Arduino-software
- kennis van programmeertaal
- bouwen en aanpassen van Arduino-sketch
- hergebruik van programmacode
- kennis van analoge en digitale elektronica
- kennis van actieve en passieve elektronische componenten
- kennis van mechatronische componenten
- kennis van seriële communicatie en LCD-displays
- toepassen van hardware en software in projecten
- data loggen
- datatransmissie en telemetrie

Extra materiaal

De bestanden van de sketches staan als gezippt bestand bij de titelinformatie op shop.brinkman-uitgeverij.nl.

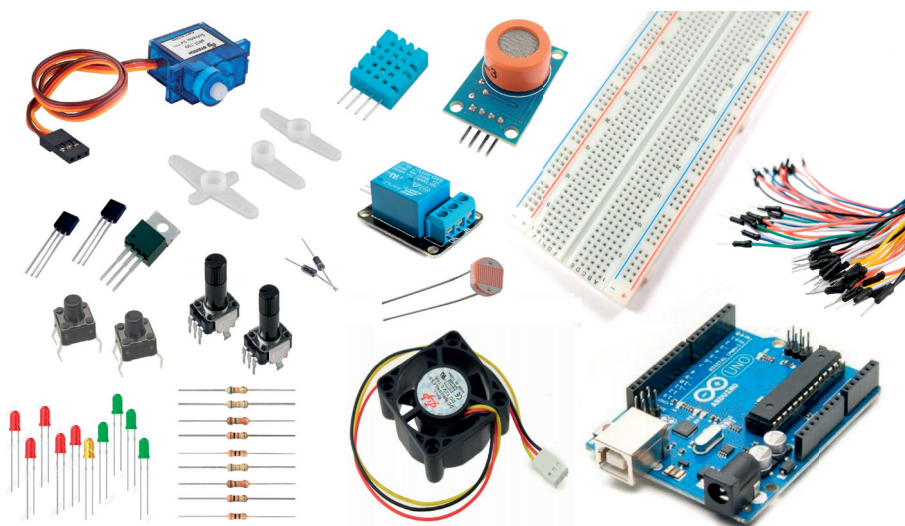
Voor de docenten is extra materiaal verkrijgbaar via www.brinkman-uitgeverij.nl.

1 Aftrap

De Arduino is ooit ontworpen voor ontwerpers en kunstenaars in de Italiaanse mode-industrie: de kleine computer moest LED-verlichting in kleding aansturen. Inmiddels is de Arduino een breed toegepaste microcontroller met een behoorlijke ‘crashbestendigheid’. Hij is gemakkelijk te doorgronden en ideaal als leerobject. Sterker nog, voor velen is de Arduino verslavend: hij nodigt uit tot meer en tot het verleggen van grenzen. De toepassingsmogelijkheden van de Arduino zijn dan ook bijna grenzeloos! Bovendien is het programmeren van een Arduino niet moeilijk. Je hebt er weinig of geen programmeerervaring voor nodig.

1.1 Aanschaf

Om met dit boek te kunnen werken heb je een Arduino nodig. Je kunt er een aanschaffen in een winkel of online. Prijzen variëren van 10 tot 25 euro. Het is aan te raden om een complete starterkit aan te schaffen met daarin alle onderdelen uit de Onderdelenlijst in Appendix 4.



Afbeelding 1.1 – Voorbeeld van een starterkit met sensoren en actuatoren.

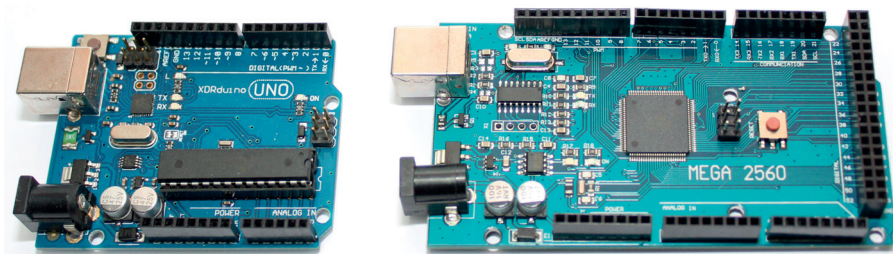
In de starterkit vind je diverse sensoren en actuatoren. In vrijwel elk Arduino-project kom je die tegen. Vrij vertaald zijn het ‘voelers’ en ‘doeners’. Een temperatuursensor voelt bijvoorbeeld hoe heet of hoe koud het is. Afhankelijk van de gemeten temperatuur stuurt de Arduino een actuator aan. Die actuator schakelt dan bijvoorbeeld de verwarming aan of uit.

Een sensor is een elektrisch ding dat een natuurkundige grootheid *meet*, zoals temperatuur, relatieve vochtigheid, druk, lichtintensiteit, gasconcentratie, straling enzovoort. Een actuator is een elektrisch ding dat iets *doet*. Zoals een LED (geeft licht), een motor (draait rond), een elektromagnetische klep (kan open of dicht), een relais (zet verwarming aan of uit) enzovoort. Afhankelijk van je project bepaal je welke sensor(s) en actuator(en) je nodig hebt.

1.2 Arduino UNO R3 of Arduino MEGA 2560?

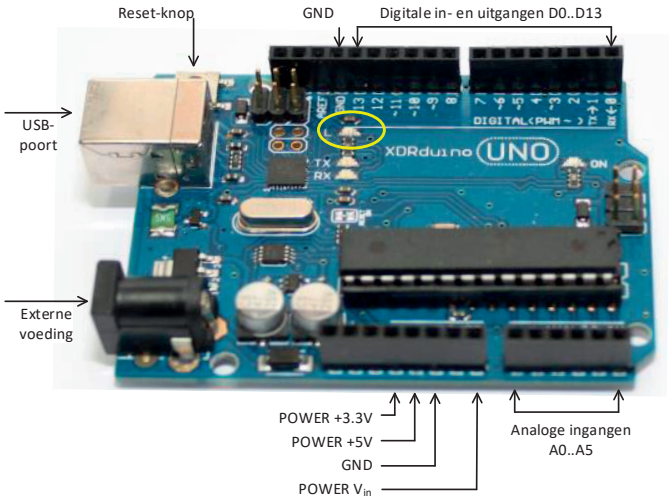
De Arduino wordt in meerdere uitvoeringen geleverd. De bekendste zijn Arduino UNO R3 en de duurdere Arduino MEGA 2560. Beide worden geleverd als print of 'board' met daarop een paar onderdelen. In een voltooid project wordt de compacte print gewoonlijk ingebouwd in een kastje of in een apparaat, maar in dit boek werk je met het 'kale' board.

Alle hier beschreven voorbeelden zijn gebaseerd op de Arduino UNO R3, maar werken ook op de Arduino MEGA 2560. De Arduino MEGA 2560 kan hetzelfde als de UNO R3, maar heeft meer in- en uitgangen voor sensoren en actuatoren. In latere projecten kunnen deze extra in- en uitgangen goed van pas komen, voor dit boek maakt het niet uit welke van de twee Arduino's je kiest. Waar nodig worden in dit boek de verschillen tussen de beide boards toegelicht; dat is onder andere het geval bij het instellen van de software.



Afbeelding 1.2 - Twee Arduino-boards: links de Arduino UNO R3 en rechts de Arduino Mega 2560.

1.3 Poorten en voeding



Afbeelding 1.3 – Aansluitingen en poorten van de Arduino UNO R3. Led L is geel omcirkeld.

Heb je je keuze gemaakt, maak jezelf dan eerst vertrouwd met het board. Afbeelding 1.3 toont het board van de Arduino UNO R3. Rechts naast de USB-poort zie je de (vierkante) microprocessor. Verder zie je vooral poorten, zoals ingangen (voor het aansluiten van sensoren) en uitgangen (voor het aansluiten van actuatoren). Om te kunnen functioneren heeft de Arduino voeding nodig. Die voeding krijgt hij van je laptop of pc via de USB-poort; de poort ‘Externe voeding’ hoeft je dan niet te gebruiken (zie kader).

Aanduiding poort	Omschrijving
USB	USB-poort voor computeraansluiting
Externe voeding	Batterij of netvoeding (6 tot 20 volt)
POWER +3.3V	3,3 volt uitgang voor externe sensoren
POWER +5V	5 volt uitgang voor externe sensoren
POWER V _{in}	9 of 12 volt uitgang, afhankelijk van ‘Externe voeding’
DIGITAL Do..D13	Digitale in- en uitgangen (14 pinnen)
ANALOG IN Ao..A5	Analoge ingangen (6 pinnen)
GND	0 volt of massa (ground)

Tabel 1.1 – Belangrijkste poorten van de Arduino UNO R3

Externe voeding

Om los van de laptop of pc te kunnen functioneren kan de Arduino via de poort ‘Externe voeding’ worden gevoed met een 9 volt blokbatterij of een netadapter van 5 tot 12 volt. Volt wordt vaak afgekort tot de letter V of VDC. Ook een kleine 12 volt accu is geschikt; gebruik in dat geval altijd een zekering van circa 1 ampère. Als je een externe voeding gebruikt, wordt de voeding via USB automatisch uitgeschakeld. Je kunt de USB-kabel dus gewoon laten zitten.

1.4 Systeemeisen

De Arduino moet geprogrammeerd worden. Dat doe je op je pc of laptop met de Arduino-software. De Arduino-software draait onder Windows, Mac OS X 10.7 Lion of later, Linux 32-bits, Linux 64-bits en Linux ARM. In dit boek wordt uitgegaan van Windows 10, maar Arduino-software draait op elke x86- en x64-versie van Windows vanaf Windows XP.

1.5 Software

De Arduino-software is open source en gratis te downloaden van:

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

In een paar stappen zet je de Arduino-software op je laptop of pc. Als voorbeeld is gekozen voor een systeem met Windows 10, omdat dit het meest gebruikte besturingssysteem is.

NB Computers op scholen, in openbare ruimtes en bij bedrijven zijn vaak zo geconfigureerd, dat alleen een beheerder nieuwe software mag installeren. Mogelijk dat het je wel lukt om software op zo’n computer te installeren, maar het kan zijn dat de computer – na het opnieuw opstarten – weer terugvalt in zijn basisconfiguratie. Dat wil zeggen dat de geïnstalleerde software en bijbehorende projecten verdwenen zijn. Informeer hiernaar voordat je de software installeert.

ACTIE

- Start je browser en ga naar:

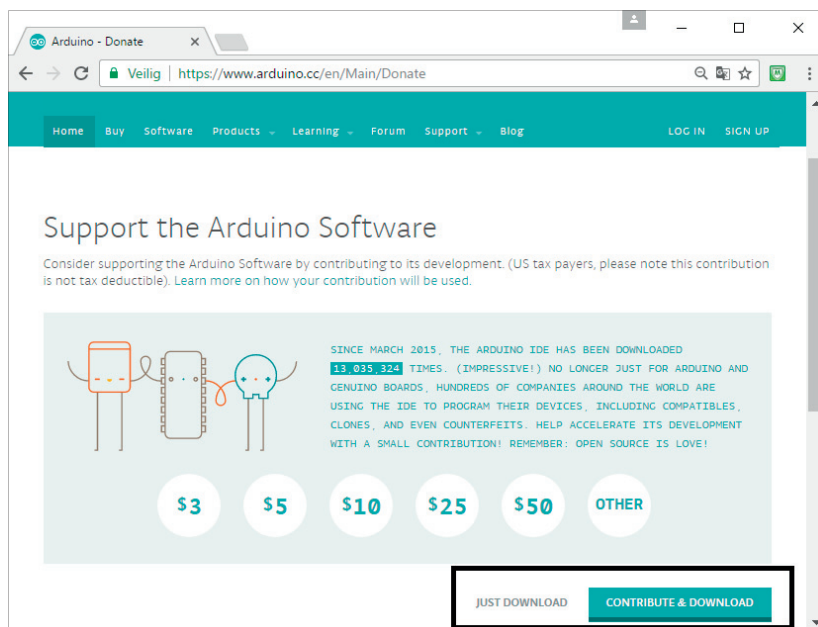
<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

Selecteer het te installeren besturingssysteem. In dit geval *Windows Installer* (omkaderd in afbeelding 1.4).



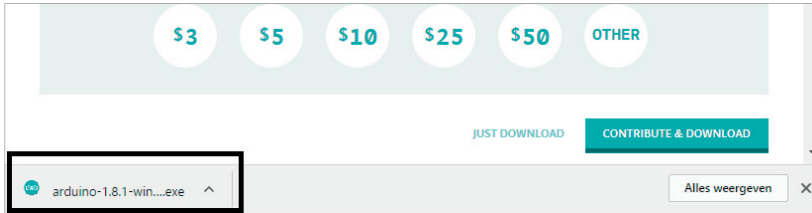
Afbeelding 1.4 – Keuze besturingssysteem.

- De software is in principe gratis, maar een vrijwillige donatie wordt op prijs gesteld (zie afbeelding 1.5). Met een donatie draag je bij aan het verder ontwikkelen van de software. Wil je niet doneren, klik dan rechts onderin op *Just download*.



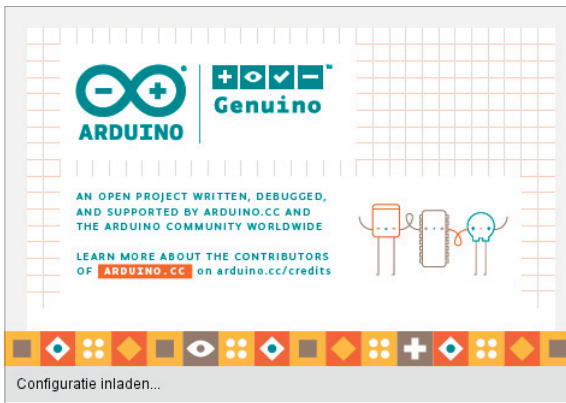
Afbeelding 1.5 – Vrijwillige bijdrage.

- Linksonder kun je het downloadproces volgen (zie omkadering in afbeelding 1.6). Zodra de download is voltooid klik je op de bestandsnaam om het installatieproces te starten.

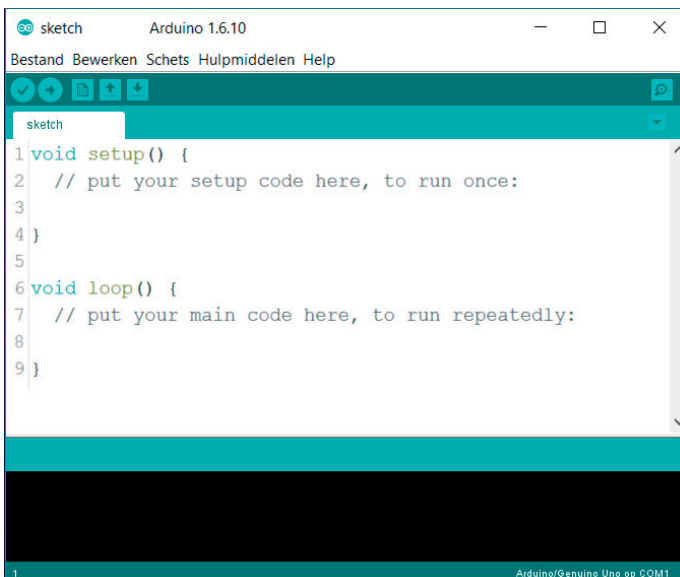


Afbeelding 1.6 – Het te installeren bestand is gedownload.

- Na de installatie zal het programma automatisch starten en zichzelf configureren (zie afbeeldingen 1.7 en 1.8). Mogelijk wordt ook gevraagd of hulpprogramma's (zoals USB-stuurprogramma's) geïnstalleerd mogen worden. Beantwoord die vragen met *Ja*. Na het configureren sluit het programma automatisch.



Afbeelding 1.7 – Starten van Arduino-software.



Afbeelding 1.8 – Openingscherm van Arduino-software.

- Start de Arduino-software nu zelf. Dat kan op verschillende manieren, bijvoorbeeld (zie afbeelding 1.9):
 - Klik op de Windows *Start*-knop en klik in de lijst op *Arduino*.
 - Klik op de icoon of tegel op het bureaublad.



Afbeelding 1.9 – Opstarten via Windows Start.

Telkens na het starten zal de Arduino-software op zoek gaan naar software-updates. Daartoe maakt de software verbinding met het internet. Mogelijk krijg je dan een melding van de Windows Firewall. Klik in dat geval op *Toegang toestaan*.

- Je moet nu nog twee dingen doen: hardware aansluiten en software instellen, zie volgende paragrafen.

1.6 Arduino met pc verbinden



Afbeelding 1.10 – USB-verbinding tussen Arduino UNO en laptop.

Om de Arduino vanaf je pc of laptop te programmeren, moeten ze met elkaar kunnen communiceren. Daartoe verbind je de Arduino via een USB-kabel met je pc of laptop. Omdat de Arduino via die kabel ook zijn voeding krijgt, licht de ON-LED op het Arduino-board op. Enkele seconden later is ook de verbinding met de computer tot stand gekomen. Mogelijk wordt tijdens de eerste keer dat je de software gebruikt een USB-stuurprogramma gedownload en geïnstalleerd, dit kan enkele minuten duren.

NB Twee andere LEDs die mogelijk oplichten zijn TX en RX en hebben te maken met datacommunicatie via de USB-poort of een andere communicatiepoort.