

LEREN PROGRAMMEREN, METEN EN STUREN MET DE ARDUINO

Boom beroepsonderwijs
info@boomberoepsonderwijs.nl
www.boomberoepsonderwijs.nl

Auteur: Jacco de Jong

Eindredactie: Cees Casander

Titel: Leren programmeren, meten en sturen met de Arduino

ISBN: 978 90 3726 4999

Vijfde herziene druk/eerste oplage
© Boom beroepsonderwijs 2023

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (www.reprorecht.nl). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bijvoorbeeld een (digitale) leeromgeving of een reader in het onderwijs (op grond van artikel 16, Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting Uitgeversorganisatie voor Onderwijslicenties (Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, www.stichting-uvo.nl).

De uitgever heeft ernaar gestreefd de auteursrechten te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Degenen die desondanks menen zekere rechten te kunnen doen gelden, kunnen zich alsnog tot de uitgever wenden.

Door het gebruik van deze uitgave verklaart u kennis te hebben genomen van en akkoord te gaan met de specifieke productvoorwaarden en algemene voorwaarden van Boom beroepsonderwijs, te vinden op www.boomberoepsonderwijs.nl

	Inleiding	6
Hoofdstuk 1	Aftrap	7
1.1	Aanschaf	8
1.2	Arduino UNO R3 of Arduino MEGA 2560?	8
1.3	Poorten en voeding	10
1.4	Systeemeisen	11
1.5	Software	11
1.6	Arduino met pc verbinden	14
1.7	Software instellen versie 1.x	15
1.8	Software instellen versie 2.x	17
1.9	Software updates	21
Hoofdstuk 2	Eerste project	23
2.1	Knipperende LED	24
2.2	Sketch	26
2.3	Functies en waarden	27
2.4	Verifieer versus Upload	28
2.5	Oefeningen	29
Hoofdstuk 3	Werken met componenten	31
3.1	Breadboard	32
3.2	LED	33
3.3	Halfgeleider	34
3.4	Weerstand	35
3.5	LED en weerstand aansluiten	37
3.6	Oefeningen	38
Hoofdstuk 4	Digitale input en output	43
4.1	Digitale input en output	43
4.2	Drukknopschakelaar	43
4.3	HIGH en LOW	44
4.4	In- en uitgangen (digitaal)	44
4.5	Pull-down-weerstand	45
4.6	Pull-up-weerstand	46
4.7	LED in- en uitschakelen	46
4.8	Digitale Hall-effect-sensor	49
4.9	Oefeningen	53
Hoofdstuk 5	Analoge sensoren – deel 1	55
5.1	Analoge sensoren – deel 1	55
5.2	Spanningsdeler	55
5.3	Potentiometer	56
5.4	Regel knippersnelheid met potentiometer	57
5.5	Lichtsensoren LDR	58
5.6	LDR-spanningsdeler	59
5.7	Oefeningen	62

Hoofdstuk 6	Rekenen op Seriële monitor	65
6.1	Rekenen op Seriële monitor	65
6.2	Vermenigvuldigen	66
6.3	Optellen	68
6.4	Stopwatch	69
6.5	Oefeningen	70
Hoofdstuk 7	Analoge sensoren – deel 2	71
7.1	Analoge sensoren – deel 2	71
7.2	Temperatuursensor LM35	71
7.3	Temperatuurmeting	72
7.4	Druksensor	76
7.5	Drukmeting	77
7.6	Gassensor MQ-x	80
7.7	Gasmeting (mg/l en ppm)	82
7.8	Oefeningen	83
Hoofdstuk 8	Digitale sensoren	85
8.1	DHT11 temperatuur- en relatieve-luchtvochtigheidsensor	85
8.2	Metten met de DHT11	85
Hoofdstuk 9	Library	87
9.1	Wat is een library?	87
9.2	Library installeren (standaard)	88
9.3	Library toepassen	89
9.4	Library troubleshooting	89
9.5	Library installeren (custom)	91
9.6	Library gebruiken – vochtmeting met DHT11	93
9.7	Wisselen van library	98
9.8	Samenvatting – werken met libraries	100
Hoofdstuk 10	Displays	101
10.1	Displays	101
10.2	LCD-displays met 16 pinnen	101
10.3	LCD-displays	103
Hoofdstuk 11	Actuatoren	113
11.1	Actuatoren	113
11.2	Relais	113
11.3	Transistor	114
11.4	Relais schakelen met transistor	118
11.5	FET	120
11.6	PWM	122
11.7	Parallel proces – Blink Without Delay - Duo	126
Hoofdstuk 12	Elektromotor	129
12.1	Elektromotor	129
12.2	Elektromotor schakelen met relais	129
12.3	Elektromotor schakelen en toerental regelen met FET	130
12.4	Servomotor	134
12.5	Stappenmotor	137

Hoofdstuk 13	Bussystemen	149
13.1	Seriële bus, synchroon, one-wire, één sensor	150
13.2	Seriële bus, synchroon, one-wire, een of méér sensoren	150
13.3	I ² C-bussysteem	156
13.4	SPI (Serial Peripheral Interface)	164
13.5	UART (Universal Asynchronous Receiver & Transmitter)	164
Hoofdstuk 14	Data loggen	165
14.1	Data loggen op SD-kaart	166
Hoofdstuk 15	Telemetrie en telematica	173
15.1	Telemetrie en telematica	173
15.2	Telemetrie en telematica in de praktijk	174
15.3	Datatransmissie via 433 MHz	174
15.4	Datatransmissie via het internet	182
15.5	WiFi	190
15.6	Bluetooth	195
15.7	Oefeningen	202
Hoofdstuk 16	Overige sensoren	205
16.1	Ultrasone afstandsmeter	206
16.2	Geluidssensor	206
16.3	Hall-effect-sensoren	207
16.4	Vochtgehaltesensor	213
16.5	Regensensor	214
16.6	Windsnelheidsmeter (anemometer)	214
16.7	Shield	214
16.8	Hartslagsensor	217
16.9	GPS	219
16.10	Oefeningen	225
Hoofdstuk 17	Arduino-programmeertaal	229
17.1	Structuur	230
17.2	Waarden – variabelen en constanten	236
17.3	Functies	240
Hoofdstuk 18	Eindoefening	247
18.1	Eindoefening	247
Hoofdstuk 19	Appendices	249
19.1	Appendix 1 Troubleshooting	249
19.2	Appendix 2 Datasheets	256
19.3	Appendix 3 ASCII-tabel	266
19.4	Appendix 4 Onderdelenlijst	268
	Index	270

INLEIDING



Digitale leeromgeving

Bij sommige opdrachten heb je hulpmiddelen nodig. Bijvoorbeeld filmpjes, formulieren of een link naar een website. Deze staan allemaal in de digitale leeromgeving. Dit icoontje verwijst naar de digitale leeromgeving. Om hier te komen ga je naar digitaal.boomonderwijs.nl/beroepsonderwijs.

Eerste keer inloggen in de digitale omgeving

Voordat je de digitale leeromgeving kunt gebruiken moet je je licentie activeren.

- Overleg met je docent welk type account je gebruikt.
- Ga naar www.boomberoepsonderwijs.nl/licentie.
- Bekijk de instructiefilm of lees het stappenplan.
- Volg de stappen.

Daarna kun je aan de slag!

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

1. Installeren van de Arduino-software
2. Kennis van programmeertaal
3. Bouwen en aanpassen van Arduino-sketch
4. Hergebruik van programmacode
5. Kennis van analoge en digitale elektronica
6. Kennis van actieve en passieve elektronische componenten
7. Kennis van mechatronische componenten
8. Kennis van seriële communicatie en LCD-displays
9. Toepassen van hardware en software in projecten
10. Data loggen
11. Datatransmissie en telemetrie

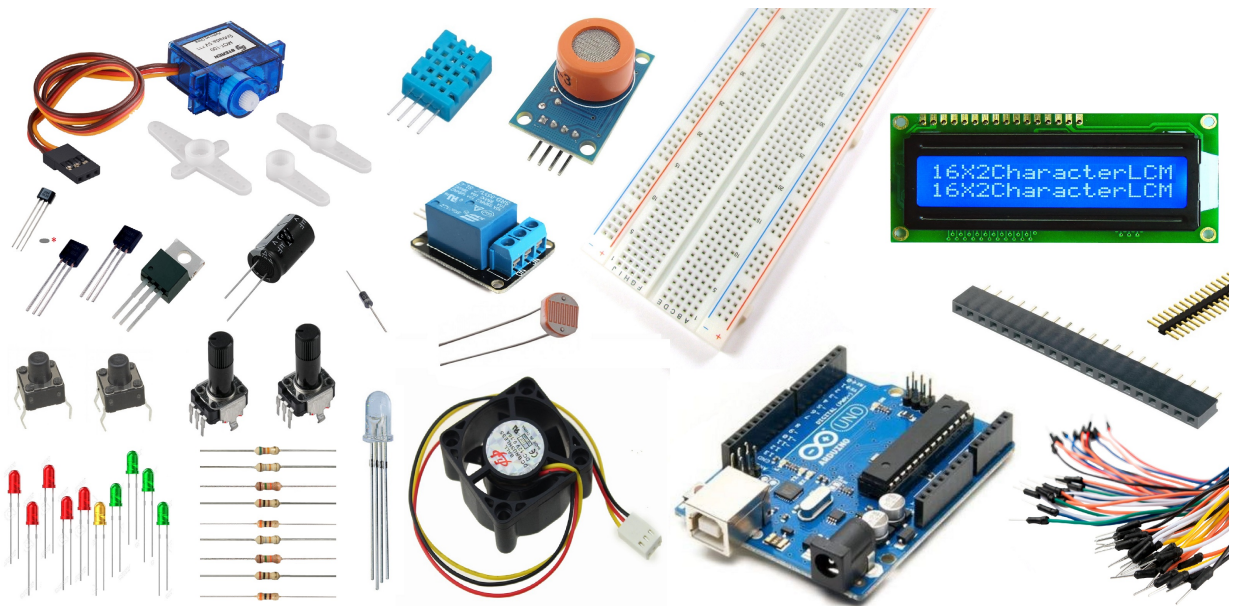
HOOFDSTUK 1

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 basisset aan te schaffen met daarin alle onderdelen uit de Onderdelenlijst van Appendix 4.



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

In de basisset 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.

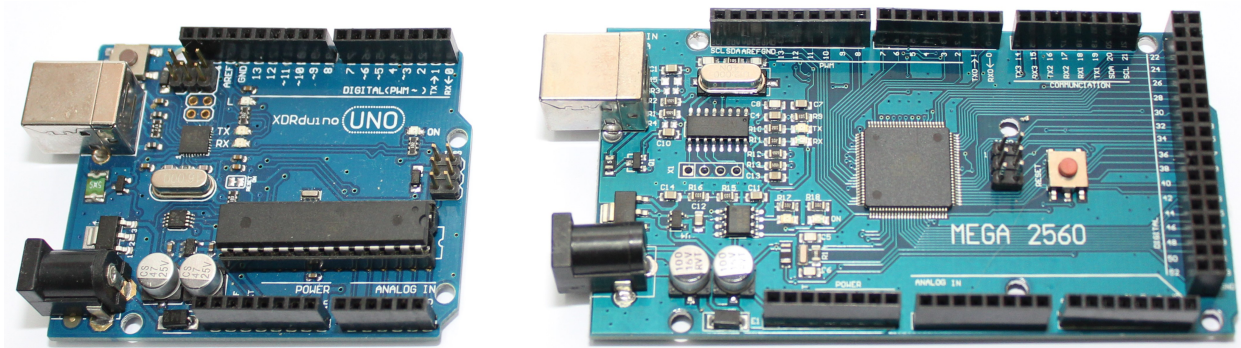
Een sensor is een elektrisch ding dat een natuurkundige grootte *meet*, zoals temperatuur, relatieve vochtigheid, druk, lichtintensiteit, gasconcentratie, straling enzovoort. Een actuator is een elektrisch ding dat iets *doet*. Zoals een LED (geeft licht), een motor (draait rond), een elektromagnetische 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.

Heb je de Arduino Basisset (zie appendix 4) aangeschaft, dan ontvang je een doos met alle onderdelen van afbeelding 1. Start met het ‘unboxen’ van de set. Enkele onderdelen - waaronder de Arduino zelf - zijn verpakt in een antistatisch zakje, alle andere onderdelen zijn niet gevoelig voor statische elektriciteit en zijn niet verpakt. Controleer de pinnetjes die op de diverse onderdelen zitten; zijn ze verbogen, buig ze dan recht met een tangetje. In de set zit ook een klein magneetje van circa 3 mm doorsnede. Mogelijk zit dit magneetje al op de ventilator geplakt. Aan deze ventilator zit een rood/zwarte draad en eventueel een connector: knip deze connector af en strip de rode en zwarte draad. Een eventuele gele draad heeft geen functie en mag afgeknipt worden. Aan het display moet een zwarte connector worden gesoldeerd, zie appendix 2.10.

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 actuators. 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.

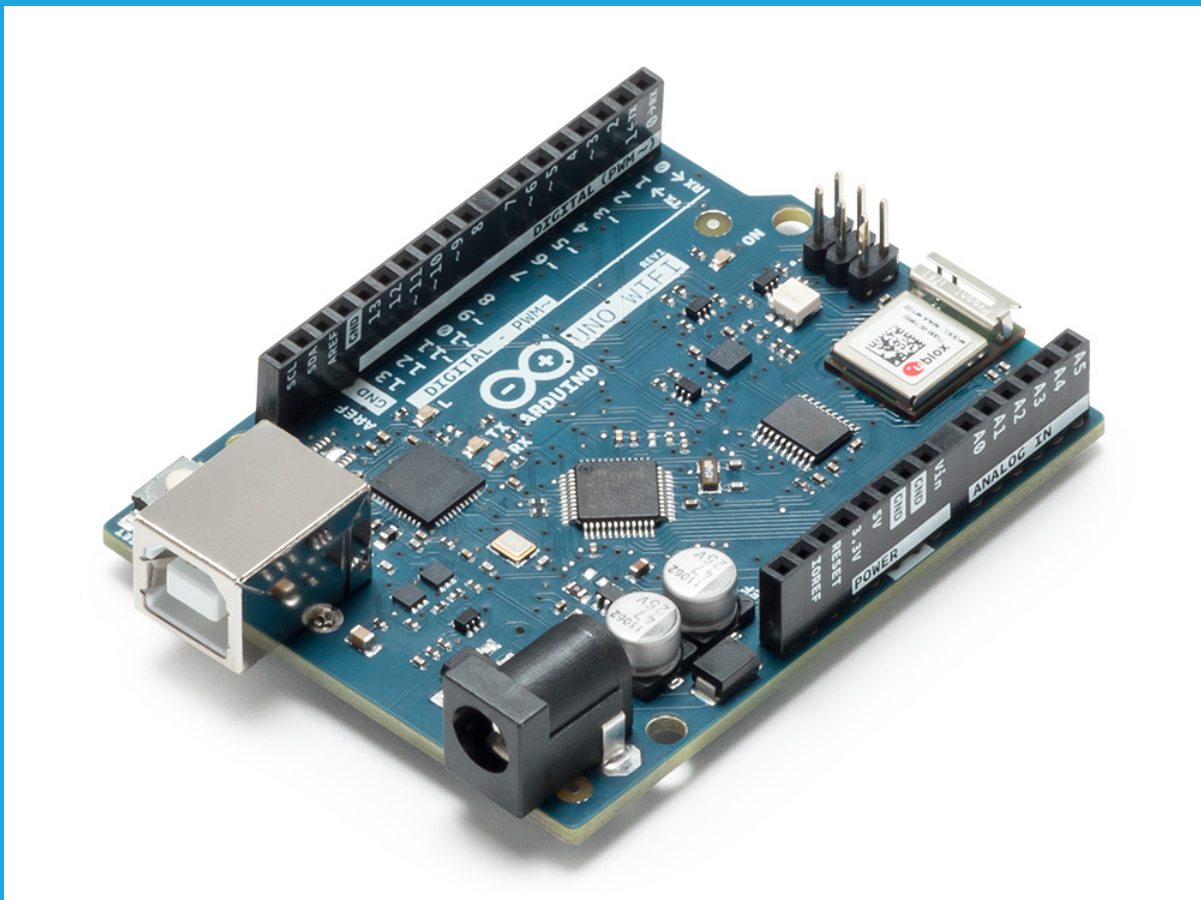


Afbeelding 1.2 - Twee Arduino-boards: links de Arduino UNO R3 en rechts de Arduino Mega 2560.

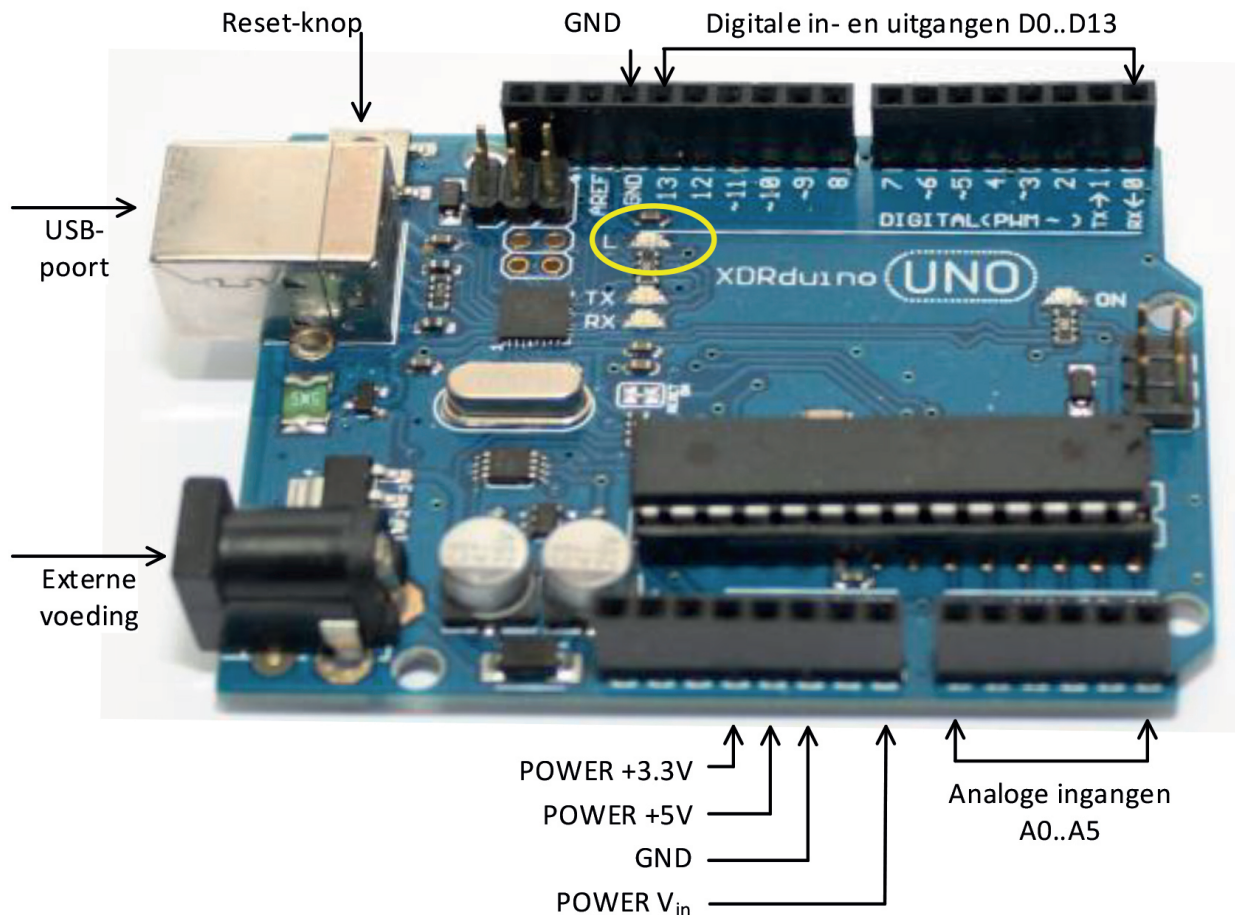
Arduino UNO WIFI Rev2



Wil je aan de slag met het hoofdstuk over WiFi dan heb je een Arduino UNO WIFI Rev2 nodig. Deze versie van de Arduino is nog vrij nieuw en kostbaar en zit niet in de Basisset. Het hoofdstuk over WiFi is dan ook optioneel. Wil je met WiFi aan de slag schaf dan ook de Arduino UNO WIFI Rev2 aan.



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 +3.3 ^V	3,3 volt uitgang voor externe sensoren
POWER +5 ^V	5 volt uitgang voor externe sensoren
POWER V _{in}	9 of 12 volt uitgang, afhankelijk van 'Externe voeding'
DIGITAL D0..D13	Digitale in- en uitgangen (14 pinnen)
ANALOG IN A0..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/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/software>
- Selecteer het te installeren besturingssysteem. In dit geval *Windows Installer* (omkaderd in afbeelding 1.4).

Software | Arduino x +

← ↻ <https://www.arduino.cc/en/software>

PROFESSIONAL EDUCATION STORE

HARDWARE SOFTWARE CLOUD DOCUMENTATION COMMUNITY BLOG ABOUT

Downloads

Arduino IDE 2.0.3

The new major release of the Arduino IDE is faster and even more powerful! In addition to a more modern editor and a more responsive interface it features autocompletion, code navigation, and even a live debugger.

For more details, please refer to the [Arduino IDE 2.0 documentation](#).

Nightly builds with the latest bugfixes are available through the section below.

SOURCE CODE

The Arduino IDE 2.0 is open source and its source code is hosted on [GitHub](#).

DOWNLOAD OPTIONS

Windows Win 10 and newer, 64 bits

Windows **MSI installer**

Windows ZIP file

Linux AppImage 64 bits (X86-64)

Linux ZIP file 64 bits (X86-64)

macOS Intel, 10.14: "Mojave" or newer, 64 bits

macOS Apple Silicon, 11: "Big Sur" or newer, 64 bits

Afbeelding 1.4 – Keuze besturingssysteem.