

Vergelijking het Raspberry Pi- en Arduinoplatform

Papergroep 34

Wilmar Duvekot* Luuk Berkers[†] Jacob-Jan Mosselman[‡]
Kenneth Man[§] Herman Horneman[¶]

28 oktober 2019

Samenvatting

Dit onderzoek probeert een antwoord te geven op de vraag of een Arduino of een Raspberry Pi een betere mini-computer is. Het onderzoek geeft daarop een antwoord en ook op de vraag wat de verschillen precies zijn. De Arduino is een mini-computer die vooral handig kan zijn bij het automatiseren van processen, en de Raspberry Pi is een iets uitgebreidere computer met wat meer aansluitingen beschikbaar. Het grootste verschil is dat de Raspberry Pi een grotere processor heeft dan de Arduino. Hieruit wordt geconcludeerd dat de Raspberry Pi het beste gebruikt kan worden voor grote opdrachten en dat de Arduino geschikt is voor kleinere, simpele opdrachten.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Arduino	2
2.1	Architectuur & Hardware	3
2.2	Software	3
2.3	Mogelijkheden & Toepassingen	4
3	Raspberry Pi	5
3.1	Architectuur & Hardware	5

*6523617

[†]6793592

[‡]6675522

[§]6007767

[¶]6897630

3.2	Software	5
3.3	Mogelijkheden & Toepassingen	6
4	Overeenkomsten en Verschillen	7
4.1	Architectuur & Hardware	8
4.2	Software	9
4.3	Mogelijkheden & Toepassingen	9
4.4	Kosten	9
5	Conclusie	10
6	Logboek	12

1 Inleiding

In de laatste decennia heeft technologie een enorme ontwikkeling doorgemaakt. Zo zijn de telefoons uitgevonden en zijn deze steeds kleiner, sneller en beter geworden. Televisie heeft kleur gekregen en er zijn steeds meer zenders te zien. Ook heeft de computer een enorme ontwikkeling doorgemaakt. De computers van vroeger konden klaslokalen vullen, maar tegenwoordig kunnen ze in een rugzak meegenomen worden. De laptop wordt steeds kleiner, steeds sneller en gaat ook steeds beter presteren. De technologie gaat tegenwoordig zelfs zo ver, dat een fotolijstje digitaal gemaakt kan worden, zodat mensen foto's naar het lijstje kunnen sturen en dat het lijstje die foto's dan laat zien, een voorbeeld daarvan is de Claudia digitale fotolijst [1].

De technologie wordt steeds kleiner en beter dus, dat is ook te zien aan de mini-computers. De Raspberry Pi [2] en de Arduino [3] zijn ongeveer even groot als een telefoon en ze kunnen veel. Het principe is hetzelfde als een laptop of computer. De computers kunnen worden geprogrammeerd, en ze kunnen in principe alles doen, zolang het geprogrammeerd wordt. De Arduino en Raspberry Pi zullen in dit onderzoek verder uitgelegd worden.

Dit onderzoek zal gaan over de verschillen tussen de Arduino en Raspberry Pi, zodat duidelijk wordt wat met de mini-computers gedaan kan worden en wat het nut kan zijn in de samenleving. De onderzoeksvraag luidt: Wat zijn de verschillen tussen Raspberry Pi en Arduino en welke is beter? Op deze vraag zal een antwoord gevonden worden in dit paper. Dit paper zal beginnen met informatie over de Arduino, de architectuur, hardware, software en toepassingen. Vervolgens zal er worden verteld over de Raspberry Pi, architectuur, hardware, software en toepassingen. Daarna zullen verschillen en overeenkomsten besproken worden. Vervolgens volgt de conclusie en de appendix.

2 Arduino

Dit paper zal beginnen met te vertellen hoe een Arduino in elkaar zit. Dit zal gebeuren aan de hand van de architectuur en de hardware van de Arduino. Vervolgens wordt

er gekeken naar de software van de Arduino en er wordt als laatst gekeken naar de toepassingen en mogelijkheden.

2.1 Architectuur & Hardware

De Arduino is een singleboardcomputer en bestaat uit de basis van alle componenten waar een hedendaagse computer ook uit bestaat, zoals een processor, RAM en I/O. De meeste Arduinos hebben een singlecoreprocessor maar er zijn ook wel multicore Arduinos verkrijgbaar. Deze Arduinos met multicoreprocessors zijn vooral nuttig voor het parallel uitvoeren van verschillende taken. De hoeveelheid RAM verschilt per Arduino en loopt van minimaal 8 kB tot maximaal 32 kB aan RAM [4]. Dit is lang niet vergelijkbaar met het de hoeveelheid RAM in moderne pc's en laptops. Dat is namelijk vele malen meer, maar voor een Arduino niet nodig gezien het doel waarmee de Arduino geproduceerd wordt.

In het RAM worden processen ingeladen die uitgevoerd moeten gaan worden, maar er kan geen data permanent worden opgeslagen. Om toch data permanent op te slaan wordt een SD kaartje gebruikt. De Arduino heeft ook de mogelijkheid om gekoppeld te worden aan een computer, waarbij de gegevens van de Arduino op de harde schijf van de desbetreffende computer gezet kunnen worden. De Arduino heeft geen videokaart aangesloten zitten en is dus niet bedoeld om data te tonen op een beeldscherm.

Verder heeft de Arduino meerdere input/output pins. Op de inputs worden sensoren aangesloten die verschillende waardes meten en deze aan de Arduino meegeven. Op de output wordt een actor aangesloten die met bepaalde berekeningen of uitkomsten uit de Arduino een actie uitvoert. Tussen de input en de output berekent de geschreven software iets met de data verkregen uit de input en stuurt ook de actor aan [5].

De hardware is opensource, dat betekent dat willekeurige producenten het recht hebben om Arduino te produceren en te verkopen. Alleen de naam Arduino mag niet zonder meer gebruikt worden.

De Arduino is standaard voorzien van een bootloader [6], dit vergemakkelijkt het proces om code werkend op de Arduino te krijgen. Bij het starten van de Arduino wordt de bootloader gestart en deze wacht op de aangesloten computer om een nieuw stuk software te ontvangen. Zodra er nieuwe software wordt ontvangen zal deze worden weggeschreven in het geheugen van de Arduino zodat deze later opnieuw kan worden uitgevoerd zonder dat de hoofdcomputer aangesloten hoeft te zijn aan de Arduino.

2.2 Software

Zoals al gezegd zijn de meeste arduinoborden uitgerust met een singlecoreprocessor. De Arduino is bedoeld om simpele programma's te laten runnen om een elektronica-project aan te sturen. Hiervoor is meestal een singlecoreprocessor genoeg. Wanneer de projecten echter groter worden, dan kan het handig zijn om verschillende taken parallel uit te gaan voeren, zolang die taken maar niet achtereenvolgens uitgevoerd moeten worden kan dat heel goed. Het voordeel hiervan is dat dezelfde taken in een kortere periode uitgevoerd

kunnen worden. Om deze processen parallel uit te voeren is er een multicore processor nodig.

Zoals gezegd is heeft de Arduino erg weinig RAM vergeleken met moderne pc's, het is ook niet nodig om meer RAM te hebben voor een Arduino omdat deze er op gebouwd is om kleine elektronica-projecten aan te sturen. Hij doet dus kleine berekeningen en opdrachten en hoeft geen zware taken uit te voeren zoals het aansturen van een beeldscherm. Dit kan ook niet, onder andere omdat de Arduino geen videokaart heeft en hij is er ook niet voor bedoeld om data op een beeldscherm te visualiseren.

De software programmeert men op een laptop of pc en laad je via een USB-kabel op de Arduino. Het programmeren gebeurt met behulp van de Arduino IDE. Dit staat voor Integrated Development Environment en is een volledige programmeeromgeving. Arduino heeft zijn eigen programmeertaal ontwikkeld, deze is gebaseerd op C en C++. De IDE van Arduino is ook opensource [7], dus men kan eigen aanpassingen doorvoeren in het programma.

Je kan ook ISP gebruiken om je software op je Arduino te zetten. ISP staat voor in-system programming. Dit houdt in dat de chip op de Arduino blijft zitten en alle componenten aangesloten blijven. Waarna vervolgens de chip wordt geprogrammeerd door een andere Arduino.

2.3 Mogelijkheden & Toepassingen

Zoals al eerder gezegd is de Arduino echt bedoeld om elektronica-projecten aan te sturen. Gegevens van de buitenwereld door middel van sensoren meten, waardes berekenen en vervolgens andere hardware aansturen aan de hand van die waardes.

Er zijn tal van mogelijkheden met de Arduino, zo wordt hij vaak gebruikt om een smart home te realiseren. Lampen, wekkers, rookmelders, gordijnen, deuren etc. etc. worden aangesloten op een Arduino en vanaf daar bestuurd. Zo kan je de Arduino verbinden aan je netwerk en switches omzetten vanaf je telefoon.

Ook wordt de Arduino gebruikt om bepaalde processen te automatiseren, bijvoorbeeld het voeren van katten. Heel simpel kan de Arduino eens om de zoveel tijd eten in een bakje bijvullen. Ook kan met een sensor eerst nog even gecheckt worden of er nog eten in zit. Zo ja, dan hoeft het eten niet bijgevuld te worden.

Er kunnen ook camera's op een Arduino worden aangesloten. Men kan bijvoorbeeld een Arduino monteren op een bestuurbare auto en door het juiste programmeerwerk uit te voeren kan men de auto autonoom maken. Dit is echter wel een project voor gevorderden aangezien hier kunstmatige intelligentie bij komt kijken. Men kan echter ook zelf de auto besturen en de arduino-objecten laten herkennen. Zo kan een seintje gegeven worden als een bepaald object gespot wordt.

Een andere toepassing is het beveiligen van objecten met behulp van een vingerafdrukscanner. De input is een vingerafdruk. Als de Arduino de vingerafdruk kan matchen met een vingerafdruk in een database die in het systeem staat, wordt toegang verleend. Zo kan een deur van het slot opengaan, een garagedeur automatisch openen, toegang geven tot kastjes en/of diepvriezen.

Met een Arduino kan men ook lasersnijden. Men geeft aan de Arduino mee welke

vormen er gesneden moeten worden en de Arduino loopt keurig die vorm af en snijdt zo het gewenste stuk uit een plaatje van een bepaald materiaal.

Er is nu bekend wat de Arduino kan en hoe deze werkt. Om de onderzoeksvraag volledig te kunnen beantwoorden is het goed om zowel over de Arduino als over de Raspberry Pi informatie te hebben. Het volgende stuk in dit paper zal gaan over de Raspberry Pi en hoe deze werkt.

3 Raspberry Pi

Zoals in het vorige stuk genoemd, is het nodig om de mogelijkheden van de Raspberry Pi te begrijpen om de onderzoeksvraag goed te beantwoorden. Dit zal gaan op dezelfde manier als de Arduino ook is uitgelegd. Eerst zal worden gekeken naar de architectuur en hardware. Vervolgens naar de software van een Raspberry Pi en op het eind zullen toepassingen en mogelijkheden besproken worden.

3.1 Architectuur & Hardware

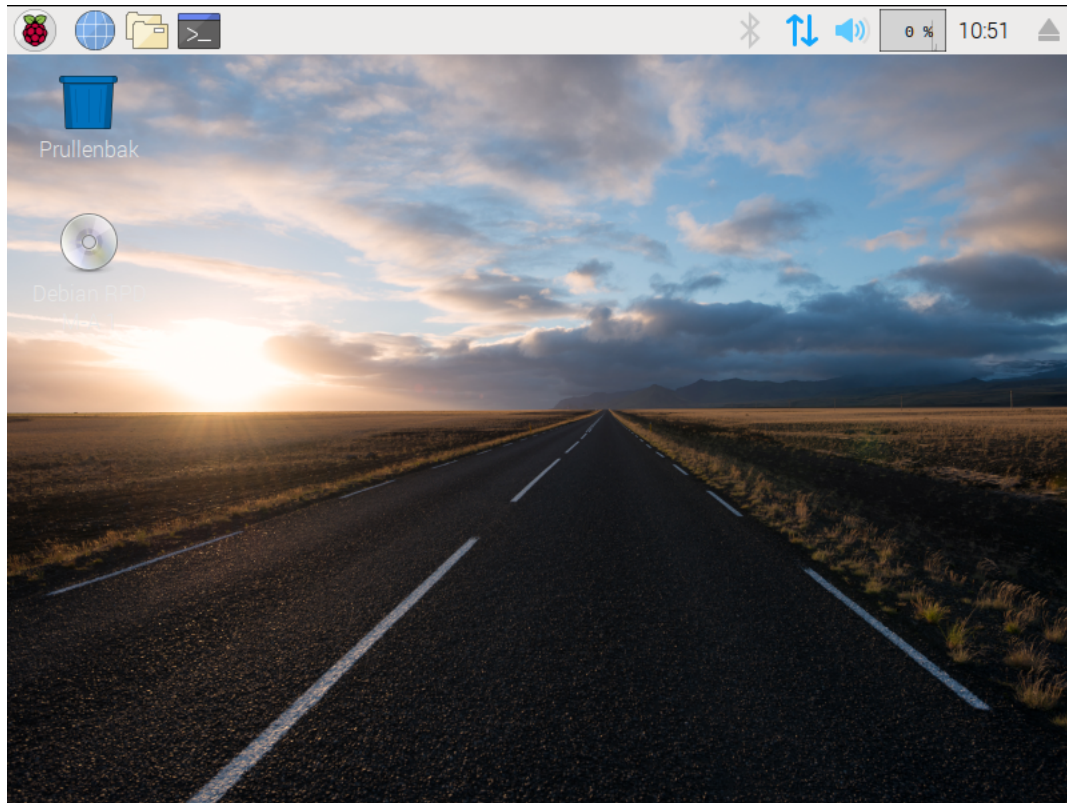
De Raspberry Pi is een volwaardige computer met een compact formaat. Hij bevat dezelfde componenten die een volledige desktop-pc ook bevat, met als voordeel dat hij in een broekzak past. Bijkomend nadeel is wel dat men een aparte monitor, muis en toetsenbord moet aanschaffen als men de Raspberry Pi als traditionele desktop computer wilt gebruiken.

In tegenstelling tot traditionele desktop pc's en laptops van de laatste 10 jaar is de Raspberry Pi niet voorzien van een x86 processor. De Raspberry Pi is voorzien van een ARM processor [8]. Er bestaan op het moment van schrijven verschillen versies. De Raspberry Pi 1 en Zero hebben een 32-bits architectuur, terwijl de Raspberry Pi's 2, 3 en 4 een 64-bits architectuur hebben. Verder is de architectuur min of meer hetzelfde. Alle Raspberry Pi's draaien op basis van een ARM processor.

Omdat er verschillende versies bestaan van de Raspberry Pi, wordt in dit paper de nadruk gelegd op de Raspberry Pi 4. Deze heeft een kloksnelheid van 1.5 GHz en een RAM van 1, 2 of 4 GB. Afhankelijk van het Raspberry Pi 4 model dat men gekocht heeft, zal het RAM geheugen verschillend zijn. Kloksnelheid is wel voor alle modellen van de Raspberry Pi 4 hetzelfde. Verder heeft hij in totaal vier USB poorten. Namelijk twee USB 2.0 en 2 USB 3.0 poorten. Ook heeft de Raspberry Pi 4 een Ethernet aansluiting waarmee een internetverbinding mogelijk is, maar ook een directe verbinding met een andere computer [9]. Voor een internetverbinding beschikt de Raspberry Pi ook over wifi functionaliteit.

3.2 Software

Afhankelijk van het besturingssysteem dat draait op de Raspberry Pi 4, zijn een aantal software al geïnstalleerd. Men kan er ook voor kiezen om een versie te installeren zonder deze voorgeïnstalleerde software. De Raspberry Pi Foundation ontwikkelt zelf



Figuur 1: Raspbian desktopomgeving

een besturingssysteem voor de Raspberry Pi. Dit besturingssysteem heet Raspbian en is gebaseerd op Debian. In figuur 1 is het bureaublad weergegeven van de versie van Raspbian met een desktopomgeving.

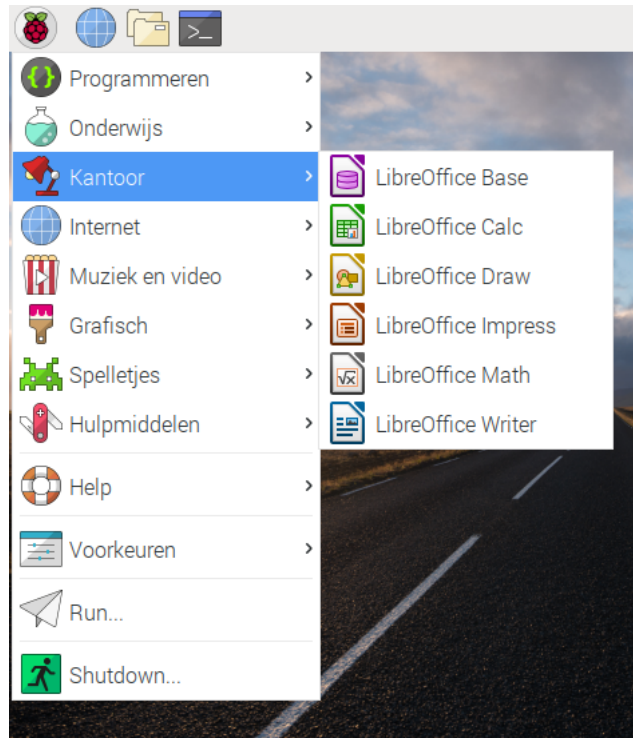
Er is in dit paper ervoor gekozen om Raspbian te installeren met voorgeïnstalleerde software. Als men met de muis klikt op de framboos in de linkerbovenhoek, dan zal men verschillende software aantreffen zoals te zien is in figuur 2. Zo is bijvoorbeeld te zien dat Raspbian beschikt over LibreOffice. Dit is tekstverwerkingssoftware vergelijkbaar met Microsoft Office.

Naast tekstverwerkingssoftware is er ook een browser. Standaard in Raspbian is de Chromium Web Browser. Ook bevat Raspbian een Terminal applicatie waarin men via commando's opdrachten kan uitvoeren.

3.3 Mogelijkheden & Toepassingen

Zoals al eerder gezegd is Raspberry Pi 4 een volledige computer. Het enige verschil is dat hij in een formaat van een creditcard is. Hij is dus erg compact en makkelijk te verwerken in allerlei projecten. Met een Raspberry Pi 4 is het dus gewoon mogelijk om documenten te typen en om websites te bezoeken.

4 Overeenkomsten en Verschillen



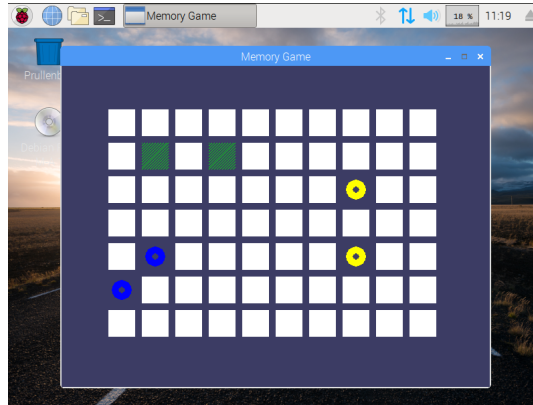
Figuur 2: Raspbian heeft LibreOffice als kantoorsoftwarepakket

Echter heeft Raspberry Pi 4 ook flink een aantal nadelen. Vanwege het ontbreken van een monitor, muis en toetsenbord, zal men deze apart moeten aanschaffen als men de Raspberry Pi als desktop-computer wilt gebruiken. Daarnaast is de kloksnelheid heel erg laag, namelijk 1.5 GHz. Ook is het maximale beschikbare RAM geheugen heel erg weinig.

Ondanks deze beperkingen, zijn de mogelijkheden en toepassingen niet onaardig. De simpele basistaken zoals tekstverwerking, internet en zeer lichte spelletjes spelen zijn gewoon mogelijk. Ter illustratie is in figuur 3 een simpele Memory spel te zien dat te spelen is in Raspbian.

4 Overeenkomsten en Verschillen

In de vorige stukken zijn de eigenschappen, mogelijkheden en toepassingen van het Raspberry Pi- en Arduino platform besproken. In dit stuk zullen we de platformen vergelijken en de verschillen en overeenkomsten bespreken. Deze bevindingen kunnen we dan vervolgens in de conclusie gebruiken om onze onderzoeksvraag te beantwoorden.



Figuur 3: Memory spel in Raspbian

4.1 Architectuur & Hardware

Beide platformen zijn bedoeld voor gebruik in projecten waarin een computer nodig is, maar niet te veel computer, dit is ook zichtbaar in het ontwerp van de hardware. De afmeting van de Raspberry Pi 4 [10] zijn vergelijkbaar met verschillende Arduino modellen, zoals de Arduino MEGA 2560 [11] en de Arduino Uno [12]. Daarnaast zijn er binnen beide platformen kleinere versies verkrijgbaar zoals de Raspberry Pi Zero [13] en de Arduino Nano [4]. Dit laat een belangrijke overeenkomst tussen de twee platformen zien, namelijk de focus op compactheid. Dit zorgt er voor dat de apparaten verwerkt kunnen worden in allerlei projecten, maar ook maakt het de platformen toegankelijk voor niet-professionele toepassingen. Denk aan hobbyisten die geen computer willen toewijden aan 1 taak, laat staan een serverkast gaan opstellen.

De I/O van de Raspberry Pi, die bestaat uit USB, Micro HDMI en Ethernet [14], is niet vergelijkbaar met bijvoorbeeld de Arduino Uno of MEGA 2560. Bij Arduino's is de I/O vooral gebaseerd op digitale input/output pins [11], [12]. De I/O van de Raspberry Pi is wel vergelijkbaar met die van de Arduino YÚN, deze heeft als een van de weinige Arduino's USB en Ethernet. Deze Arduino is dan ook ontworpen om gebruikt te worden wanneer een internetverbinding nodig is [15]. Dit laat een verschil zien in de doeleinden waarvoor de computers binnen de platformen ontworpen zijn. De Arduino is nuttig wanneer I/O op laag niveau nodig is, met volledige controle over elke bit van in- en uitvoer. De Raspberry Pi heeft de mogelijkheid om op een netwerk aangesloten te worden, en ook kan er standaard USB-randapparatuur op aangesloten worden, dit maakt de Raspberry Pi nuttig voor projecten waarbij I/O op hoger niveau nodig is. Het verschil is ook niet vreemd wanneer rekening gehouden wordt met het feit dat de Raspberry Pi een OS heeft om deze I/O aan te sturen, terwijl de Arduino dit niet heeft.

Arduino's zijn voorzien van een ATmega ARM microcontroller [11], [12], [15]–[17] en de Raspberry Pi 4 is voorzien van een quad-core Cortex-A72 ARMv8 processor [10]. Beide platformen gebruiken dus een ARM processor. ARM (Advanced RISC machine) processors zijn RISC processors en dit valt dus goed samen met de filosofie van deze

producten om de computer simpel te houden. Een belangrijk verschil is wel dat de Arduino's een 8-bits singlecoreprocessor hebben terwijl de Raspberry Pi 4 een 64-bits quad-core processor heeft [10].

4.2 Software

De software is misschien wel het belangrijkste verschil tussen de twee platformen. Zoals eerder gezegd zijn beide platformen nuttig voor gebruik in projecten, zowel voor hobbyisten als professionele toepassingen. Beide platformen zijn dan ook heel makkelijk te programmeren en nuttig als middel om te leren programmeren [18]–[20]. Toch is de manier hoe naar software gekeken wordt fundamenteel anders. De Arduino heeft geen OS, de enige software die de Arduino uitvoert is dat wat de gebruiker op de bootloader heeft gezet. De Raspberry Pi heeft een OS. De gebruiker kan zelf programma's schrijven en op het OS uitvoeren, of andere software gebruiken uit de repository's van het OS. Het gebruik van een Raspberry Pi lijkt dus veel op dat van een gewone computer. De Arduino is niet interactief, de gebruiker zet zijn programma op de bootloader, en de Arduino voert het uit.

4.3 Mogelijkheden & Toepassingen

Als het gaat om automatisering en elektrische schakelingen, dan is de Arduino een betere keus. Echter is de Raspberry Pi een volwaardige computer in tegenstelling tot de Arduino. De Arduino kan binnenkomende gegevens van verschillende inputs verwerken en daarmee iets anders aansturen via een output. De Raspberry Pi lijkt meer op een volwaardige computer, maar dan sterk gereduceerd. Een Raspberry Pi kan dingen doen als tekstverwerking, internetten via een browser of kleine games draaien. Zo heeft de Raspberry Pi veel meer aansluitingen voor randapparatuur en is de Arduino daar zeer beperkt in. Een voorbeeld is dat de Raspberry Pi standaard al voorzien is van een Ethernet aansluiting, terwijl dit bij Arduino niet het geval is.

4.4 Kosten

De kosten voor een Raspberry Pi of de Arduino zijn zeer wisselend. In beide gevallen hangt het er volledig van af welke generatie of versie men aanschaft. Arduino verkoopt ontzettend veel verschillende printplaatjes die kunnen verschillen van ongeveer €10 tot ongeveer €60 [3]. De Raspberry Pi heeft een iets kleiner aanbod. Hier zijn de prijzen ongeveer tussen €20–€60. De uitzonderingen zijn de *low budget* varianten: de Raspberry Pi Zero en de Raspberry Pi Zero W, die respectievelijk €5 en €10 kosten [21]. Uiteraard kan men er zoveel geld aan uitgeven als men wilt, aangezien er veel accessoires kunnen worden toegevoegd aan zowel de Arduino als de Raspberry Pi.

De overeenkomsten en verschillen zijn nu benoemd en uitgelegd, deze zullen worden gebruikt in het volgende hoofdstuk, dat zal de conclusie zijn.

5 Conclusie

De onderzoeksvraag luidt: ‘Wat zijn de verschillen tussen Raspberry Pi en Arduino en welke is beter?’ Nu de resultaten bekend zijn, kan deze onderzoeksvraag beantwoord worden.

De twee mini-computers verschillen veel van elkaar. Het is daarom lastig te zeggen welke van de twee het beste is. Het grootste verschil zit in het besturingssysteem en in de processor. De Raspberry Pi gebruikt een besturingssysteem en heeft een 64-bits quad-core processor, terwijl de Arduino geen besturingssysteem heeft en een 8-bits singlecoreprocessor. Dit is het grootste noemenswaardige verschil en dit leidt tot de conclusie dat de Raspberry Pi beter gebruikt kan worden voor grotere, zwaardere projecten, terwijl de Arduino het best gebruikt kan worden voor wat lichtere en kleine projecten.

Het resultaat van dit kan van belang zijn voor de producenten van de Arduino en Raspberry Pi. Dit is in de eerste plaats, omdat zij kunnen zien waar zij beter presteren dan hun concurrent, en dus tegelijk ook waar zij minder goed presteren dan hun concurrent. Als zij het van belang vinden om in elk opzicht beter te zijn, dan kunnen zij dit onderzoek gebruiken om hun product beter te maken. Dit onderzoek kan ook van belang zijn om te kijken of zij zich richten op de goede doelgroep, of dat zij zich moeten richten op een ander doelgroep. Stel dat de producent ziet dat de Arduino beter verkoopt dan de Raspberry Pi, terwijl de Raspberry Pi betere specificaties heeft, dan kan de producent van de Raspberry Pi zich focussen om meer reclame te maken, en hoeft zij zich niet bezig te houden met productontwikkeling, maar kan de focus meer liggen op marketing bijvoorbeeld.

Dit onderzoek kan ook van waarde zijn voor de consument. Als een consument graag een groot project zou willen draaien op een mini-computer, dan kan beter een Raspberry Pi gebruikt worden. Als de consument een klein project of enkele opdrachten prefereert, dan kan beter een Arduino gebruikt worden. Dit onderzoek kan de consument helpen om een keuze te maken tussen de Arduino en de Raspberry Pi. Een Arduino wordt vooral gebruikt voor geautomatiseerde taken en elektrische schakelingen, terwijl een Raspberry Pi gebruikt wordt voor taken die een volwaardige desktop-pc zou kunnen uitvoeren.

In dit paper is een antwoord gevonden op de onderzoeksvraag. Dit is vooral theoretisch gedaan met een paar voorbeelden uit de praktijk. Dit onderzoek kan nog een keer gedaan worden, met dezelfde onderzoeksvraag, maar dan met veel praktijkgericht onderzoek, dus bijvoorbeeld verschillende soorten opdrachten uitvoeren met beide mini-computers, waardoor er getest kan worden welke beter functioneert voor specifieke opdrachten.

Referenties

- [1] (2019). CLAUDIA — grote digitale fotolijst — internet fotolijst wit — Innovu webshop, Innovu BV, adres: <https://www.innovu.nl/shop/digitale-fotolijst/claudia-wifi-digitale-fotolijst-10-1-inch-wit/> (bezocht op 05-10-2019).

- [2] (2019). Raspberry Pi, Raspberry Pi Foundation, adres: <https://www.raspberrypi.org/> (bezocht op 05-10-2019).
- [3] (2019). Arduino, Arduino, adres: <https://www.arduino.cc/> (bezocht op 05-10-2019).
- [4] (2019). Arduino — Products, Arduino, adres: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products> (bezocht op 15-10-2019).
- [5] (7 apr 2017). ArduinoTMUno Reference Design, Arduino, adres: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-uno-schematic.pdf> (bezocht op 26-10-2019).
- [6] (13 okt 2019). Optiboot/optiboot: Small and Fast Bootloader for Arduino and other Atmel AVR chips, Optiboot, adres: <https://github.com/Optiboot/optiboot> (bezocht op 24-10-2019).
- [7] (16 okt 2019). arduino/Arduino: open-source electronics prototyping platform, arduino, adres: <https://github.com/arduino/Arduino> (bezocht op 24-10-2019).
- [8] S. Jain, A. Vaibhav en L. Goyal, “Raspberry Pi based interactive home automation system through E-mail”, in *2014 International Conference on Reliability Optimization and Information Technology (ICROIT)*, IEEE, 2014, p. 277–280.
- [9] M. Maksimović, V. Vujović, N. Davidović, V. Milošević en B. Perišić, “Raspberry Pi as Internet of things hardware: performances and constraints”, *design issues*, jrg. 3, nr. 8, 2014.
- [10] (Jun 2019). Raspberry Pi 4 Model B Product Brief, Raspberry Pi Foundation, adres: <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-4-Product-Brief.pdf> (bezocht op 14-10-2019).
- [11] (2019). Arduino MEGA 2560 Rev3, Arduino, adres: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3> (bezocht op 15-10-2019).
- [12] (2019). Arduino Uno Rev3, Arduino, adres: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3> (bezocht op 15-10-2019).
- [13] (2019). Buy a Raspberry Pi — Raspberry Pi, Raspberry Pi Foundation, adres: <https://www.raspberrypi.org/products/> (bezocht op 15-10-2019).
- [14] (2019). Raspberry Pi 4 Model B specifications, Raspberry Pi Foundation, adres: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/> (bezocht op 22-10-2019).
- [15] (2019). Arduino YÚN, Arduino, adres: <https://store.arduino.cc/arduino-yun> (bezocht op 15-10-2019).
- [16] (2019). Arduino Leonardo with Headers, Arduino, adres: <https://store.arduino.cc/leonardo> (bezocht op 15-10-2019).
- [17] R. Kumar, A. Roopa en D. P. Sathiya, “Arduino ATMEGA-328 microcontroller”, *International journal of innovative research in electrical, electronics, instrumentation and control engineering*, jrg. 3, nr. 4, p. 27–29, 2015.

- [18] Saladhouse en A. Mather, *What is a Raspberry Pi?*, Raspberry Pi Foundation, 14 apr 2015. adres: <https://www.youtube.com/watch?v=uXUjwk2-qx4> (bezocht op 19-10-2019).
- [19] P. Jamieson, “Arduino for teaching embedded systems. are computer scientists and engineering educators missing the boat?”, in *Proceedings of the International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering (FECS)*, The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer ..., 2011, p. 1.
- [20] M. A. Rubio, C. M. Hierro en A. Pablo, “Using arduino to enhance computer programming courses in science and engineering”, in *Proceedings of EDULEARN13 conference*, IATED Barcelona, Spain, 2013, p. 1–3.
- [21] (2019). Zoeken — raspberry pi, Kiwi Electronics, adres: <https://www.kiwi-electronics.nl/index.php?route=product/isearch&search=raspberry%20pi&description=true> (bezocht op 25-10-2019).

6 Logboek

Wat	Wie
Samenvatting	Wilmar
Inleiding	Wilmar
Arduino	Jacob-Jan
Arduino Uitgewerkt Voorbeeld	Kenneth
Raspberry Pi	Kenneth
Overeenkomsten & Verschillen	Luuk & Herman
Conclusie	Wilmar
Opmaak & Lay-out	Luuk
Editing	Luuk