Conclusie

# Conclusie & aanbeveling

In dit hoofdstuk zullen de conclusie en aanbevelingen besproken worden. In de eerste paragraaf zal de conclusie van het onderzoek beschreven worden, daarna volgen enkele aanbevelingen die op basis van het onderzoek gedaan zijn.

## Conclusie

De doelstelling van dit onderzoek was om draadloze communicatie aspecten op te nemen binnen het curriculum Technische Informatica van HBO-ICT aan de Hogeschool Utrecht. Zij wilden deze aspecten in het curriculum opnemen, aangezien Internet of Things (IoT) toepassingen steeds meer in opkomst zijn. Daarom is aan het begin van dit document de volgende hoofdvraag opgesteld:

*“Hoe kan een nieuwe microcontroller met geïntegreerde wifi en/of bluetooth in de huidige libraries en tools van de Hogeschool Utrecht opgenomen worden, zodat draadloze communicatie aspecten toegevoegd kunnen worden in de opgaven van Technische Informatica?”*

Voor het beantwoorden van deze onderzoeksvraag is onderzoek gedaan naar verschillende onderdelen. Eerst is onderzocht welke microcontroller, met geïntegreerde Wifi en/ of Bluetooth module, de Arduino Due kon vervangen. Hierbij werd de esp32 van Espressif gekozen. De rede hiervoor is dat deze beide modules bevat, waardoor beide draadloze communicatie aspecten aangeleerd kunnen worden met dezelfde microcontroller.  
Daarna is gekeken naar de verschillende cursussen van het curriculum Technische Informatica. Hierbij is gekeken naar de mogelijkheden voor het implementeren van draadloze communicatie aspecten en welke impact het voor de cursus heeft wanneer de Arduino Due met de esp32 vervangen wordt. Hier bleek dat het vervangen van de Arduino Due een hoge impact heeft bij de cursus TCTI-V2CPSE1-16. Bij deze cursus zou namelijk het assembler en mogelijk het RTOS onderdeel. Voor de rest van de cursussen zal deze verandering weinig impact ervaren.   
Ook bleek dat de beste cursus om draadloze communicatie aspecten te implementeren, TCTI-V2THDE-16 is. Deze cursus is gekozen, aangezien deze meerdere mogelijkheden biedt voor de implementatie van draadloze aspecten en de verandering weinig impact heeft op de cursus.  
Als laatste is gekeken naar de libraries en tools van de Hogeschool Utrecht. Hieruit bleek dat het mogelijk is om de aansturing van de esp32 in BMPTK te integreren en een Wifi en/ of Bluetooth library in HWLIB op te nemen. Alleen het integreren van de RTOS library van de Hogeschool Utrecht in de esp32, bracht problemen met zich mee. Het bleek dat de basis aansturing van de esp32 gebruik maakt van FreeRTOS. Wanneer de esp32 opgenomen wordt in de cursussen van Technische Informatica kunnen twee keuzes gemaakt worden. De eerste optie is om in de huidige cursussen de RTOS van de Hogeschool Utrecht te vervangen met FreeRTOS. De tweede optie is om verder onderzoek te doen naar de aansturing van de esp32. Hierbij zal dan gekeken worden of de RTOS van de Hogeschool Utrecht FreeRTOS kan vervangen in de aansturing van de microcontroller.

Na het vergaren van deze informatie kan een antwoord gegeven worden op de hoofdvraag. Het opnemen van een nieuwe microcontroller kan gebeuren door de aansturing te integreren in de BMPTK make tool. Hierbij moeten, op basis van de informatie uit de ESP-IDF, de benodigde vlaggen in de verschillende Makefiles gevuld worden. Vervolgens zal een Wifi en/ of Bluetooth library in HWLIB opgenomen moeten worden. Wanneer FreeRTOS van de aansturing van de esp32 losgekoppeld kan worden, zou deze vervangen kunnen worden door RTOS library van de Hogeschool Utrecht. Alleen om te realiseren is een vervolgonderzoek nodig.

## Aanbeveling

In deze paragraaf worden aanbevelingen gegeven voor vervolg onderzoeken of veranderingen van onderdelen in het curriculum.

Ten eerste blijkt uit de conclusie dat het lastig is om de RTOS library van de Hogeschool Utrecht te gebruiken bij de aansturing van de esp32. De doelstelling van de cursus waar de studenten met een RTOS leren te werken stelt dat de student leert om te gaan met een RTOS. Wanneer de esp32 in het curriculum geïmplementeerd wordt, kan daarom geadviseerd worden om FreeRTOS te gebruiken in plaats van de RTOS library van de Hogeschool Utrecht. De bijbehorende opgaven kunnen van de cursus kunnen dan nog steeds gerealiseerd worden, waardoor dit geen invloed heeft op deze doelstelling van de cursus. Wanneer de voorkeur ligt bij het gebruik van de RTOS library van de Hogeschool Utrecht, wordt geadviseerd om een vervolg onderzoek te starten naar de aansturing van de esp32.

Daarnaast kan het voor studenten lastig zijn om met meerdere microcontrollers te werken tijdens zijn/ haar opleiding. Hierdoor kan het verstandig zijn om de esp32 op alle plaatsen in te zetten waar de Arduino Due nu gebruikt wordt. De esp32 heeft namelijk alle functionaliteiten om de meeste opgaven te realiseren die bij de cursussen van Technische Informatica gegeven worden. Hierdoor hoeven de studenten niet met meerdere microcontrollers te werken die misschien verschillend functioneren. Het enige onderdeel dat in dat geval veranderd dient te worden, zijn de lessen over assembler en de bijbehorende opgaven.

Als laatste bleek tijdens de realisatie van het Proof of Concept, dat de bestanden in de BMPTK make tool slecht gedocumenteerd zijn. Het bestand “Makefile.inc” bevat zeer weinig documentatie over de waarden die de vlaggen moeten bevatten en waarvoor deze gebruikt worden. Dit zorgde voor enige vertraging bij de realisatie van het Proof of Concept. Hierdoor wordt sterk geadviseerd om de Makefiles van de BMPTK make tool duidelijker te documenteren, zodat de aansturing van andere microcontrollers makkelijker door andere studenten gerealiseerd kan worden in BMPTK.