

Arduino support for Smart LEDs

Bachelorproef Informatica

Departement Computerwetenschappen, Faculteit Wetenschappen

Student: Sarah Joseph

Promoter: Prof. Dr. Danny Hughes

Inhoudstafel

Introductie

Probleemstelling

Voorgestelde oplossingen

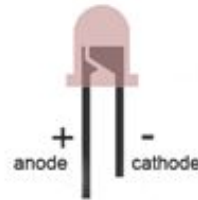
Evaluatie

Verder werk

Conclusie

Visible Light Communication

- Optische communicatievorm
- Beperkte interferentie in dezelfde ruimte
- Niet onderschepbaar buiten de ruimte
- Light Emitting Diode voor zenden en ontvangen van lichtsignalen
- Mogelijk gezonder voor de mens bij lange termijn gebruik

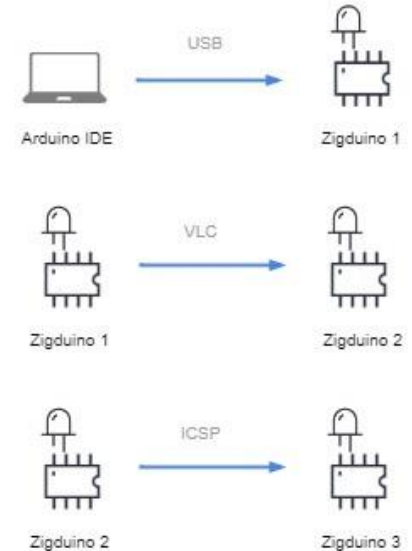


Applicaties van VLC

- Automatische parking systemen met lichtsensoren
- Apparaten in ziekenhuizen
- Secure mobile connectivity
- Smart verlichting
- Communicatie in onveilige zones
- Smart cars
- Beveiligde data communicatie
- WiFi spectrum relief
- Luchtvaart communicatie
- Onderwater communicatie

Bijdrage van het project

- VLC communicatie naar microcontroller op afstand
- Pakket opbouw met preamble, data sequentie en XOR checksum
- Interface met bootloader maken
- Onderzoek van percentage van fouten in VLC
- Invloed van de communicatie afstand op threshold detection
- Oversampling van het hele pakket
- Onderzoek van synchronisatie methoden



Inhoudstafel

Introductie

Probleemstelling

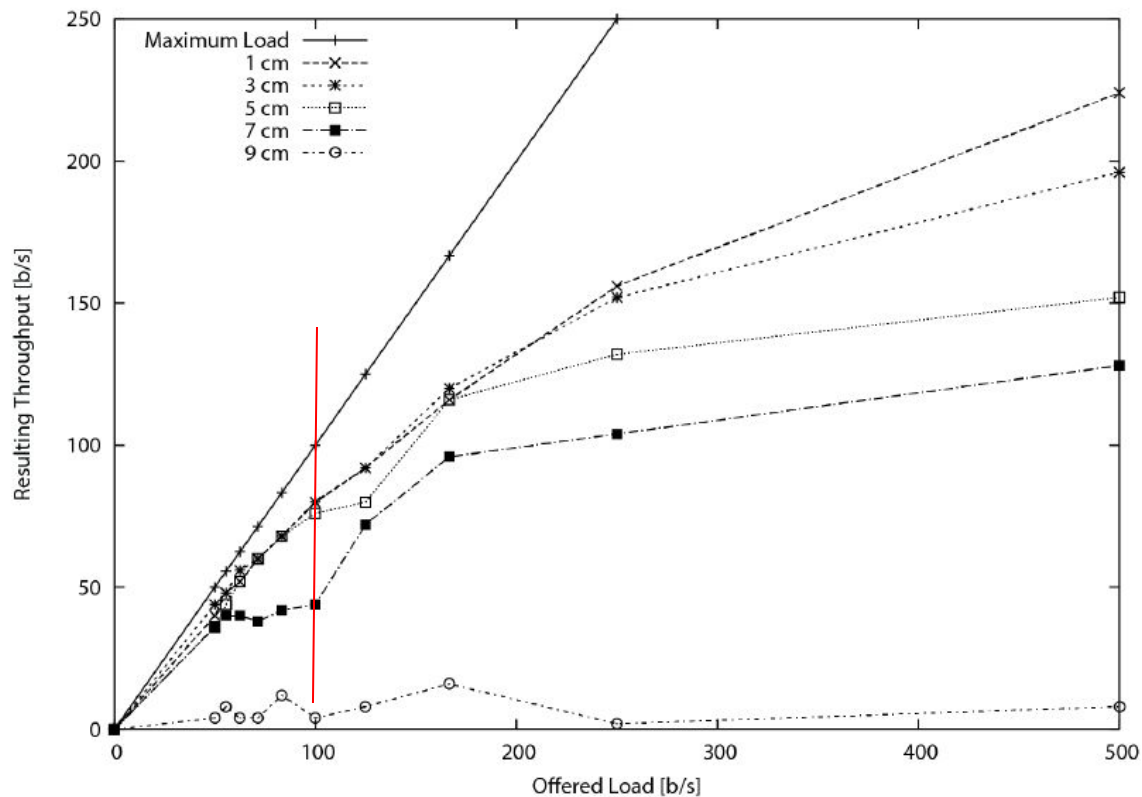
Voorgestelde oplossingen

Evaluatie

Verder werk

Conclusie

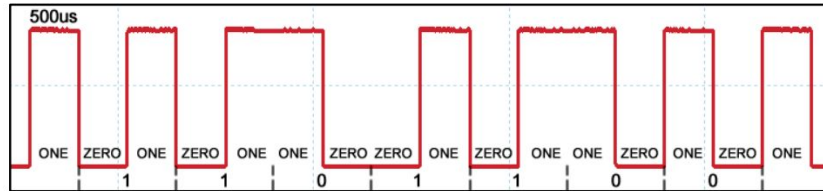
Bitrate en LED-LED afstand



An LED-to-LED Visible Light Communication System with Software-Based Synchronization.
ETH Zurich, Disney Research Zurich

Threshold detecteren

- Ontvangende LED moet het verschil weten tussen NUL en EEN
- Omgevingsverlichting verandert het gedetecteerde LED verlichting
- Invloeden van LED-LED afstand
- Invloeden van de bitrate op de threshold
- Lange overdracht van data en omgevingslicht



An LED-to-LED Visible Light Communication System with Software-Based Synchronization. ETH Zurich, Disney Research Zurich

Encoding methode

- On-Off keying

LED On = 1, LED Off = 0

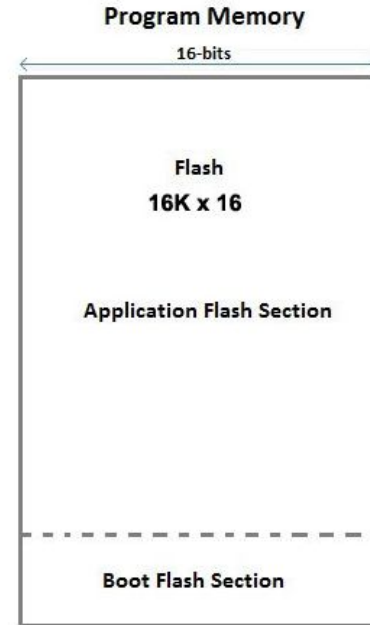
- Manchester Encoding

0 = On to Off, 1 = Off to On

- Begin van een pakket opsporen
- Correctheid van de data in het pakket bepalen

Programmatie van microcontroller

- Flash memory voert programma uit
- Bootloader heeft start instructies
- Optische signaal moet verwerkt worden
- Programma moet naar flash memory
- Programma wordt uitgevoerd
- Poort van Arduino IDE naar remote LED



Inhoudstafel

Introductie

Probleemstelling

Voorgestelde oplossingen

Evaluatie

Verder werk

Conclusie

Forward en reverse bias

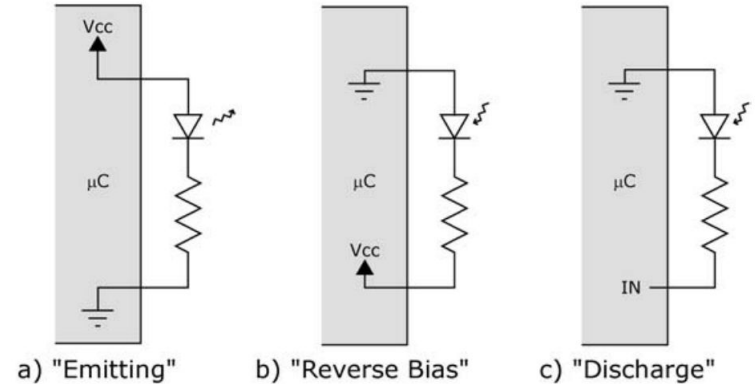
- LEDs hebben tweevoudige functionaliteit
- Emitting toestand

Stroom → Licht vrijgegeven

- Reverse bias toestand

Licht → Condensator wordt ontladen

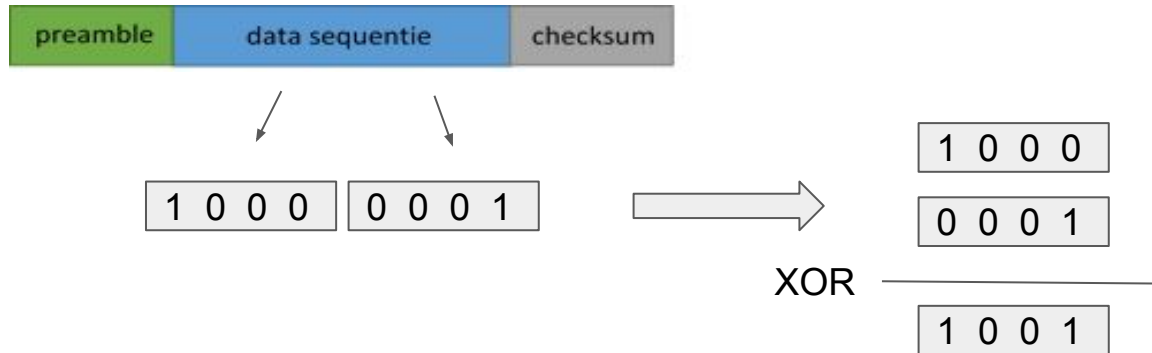
- Communicatie verloopt asynchronisch



Very Low-Cost Sensing and Communication Using Bidirectional LEDs, 2003. Mitsubishi Electric Research Laboratories.

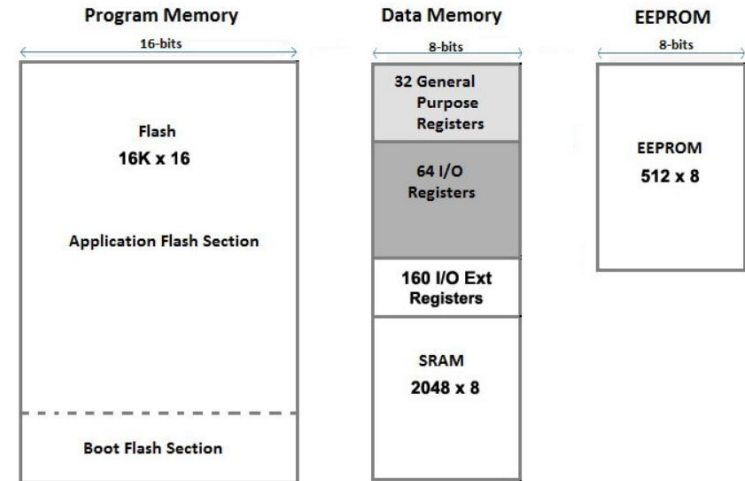
Pakket structuur

- Ontvanger detecteert preamble
- Data sequentie met twee hexadecimale karakters van 1 byte
- XOR checksum voor verificatie van correct ontvangen signaal



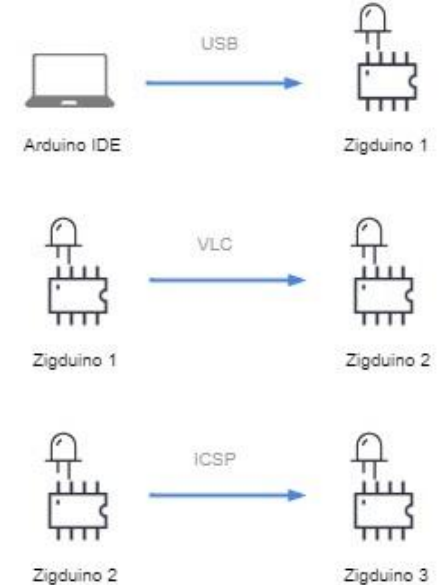
Atmega memory map

- Bootloader: programma bij opstarten
- Flash: hoofdprogramma en bereikbaar via bootloader programmatie
- EEPROM: non-volatile en read only
- SRAM: volatile
- O/I en general purpose registers



Bootloader

- Structureer Arduino program in packets
- Verstuur pakketten via VLC
- Ontvang pakketten in intermediate microcontroller
- Communiceer via ICSP of UART kanaal
- Gebruik bestaande protocol of SPI protocol
- Slaag ontvangen data op in flash memory
- activatie van code compilatie



Inhoudstafel

Introductie

Probleemstelling

Voorgestelde oplossingen

Evaluatie

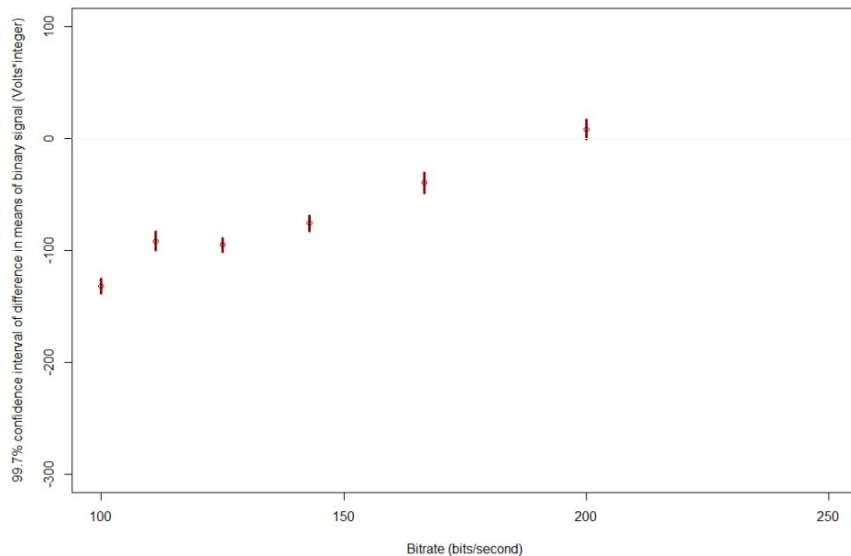
Verder werk

Conclusie

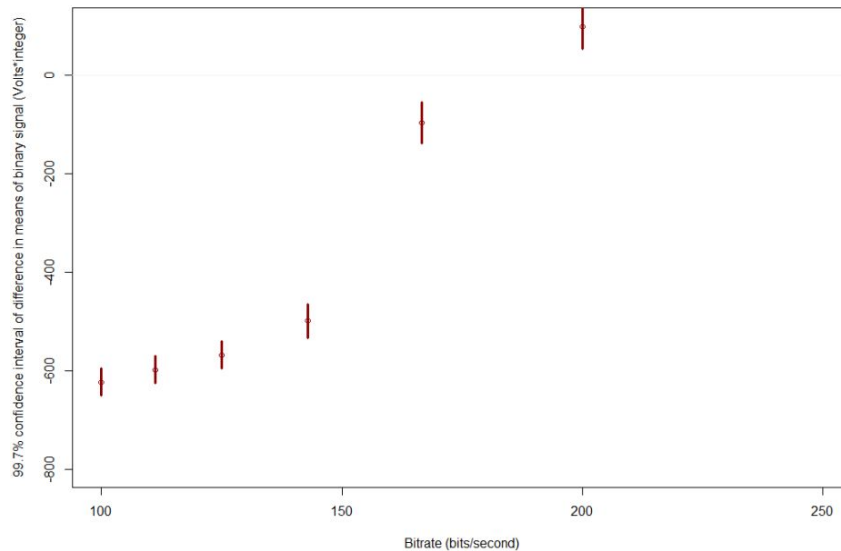
LED-LED communicatietype

Hypothese: Gerichte LEDs hebben een betere functionaliteit.

T-test difference in means of VLC binary signal detection in red diffused LEDs

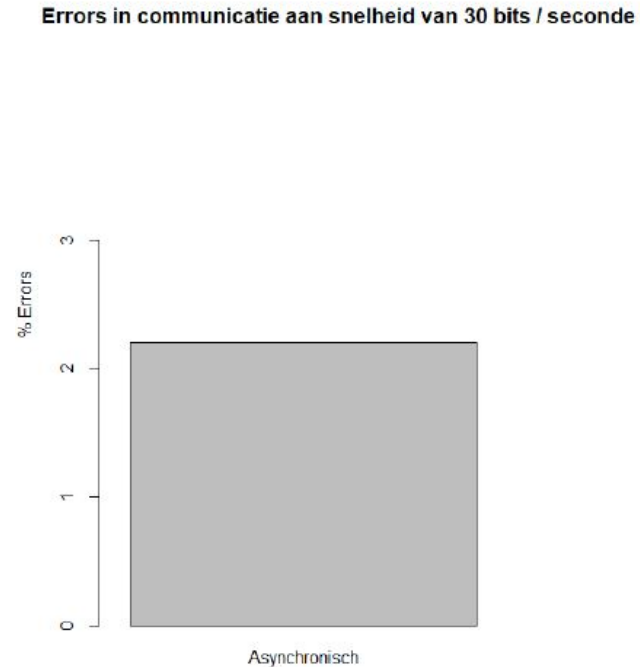
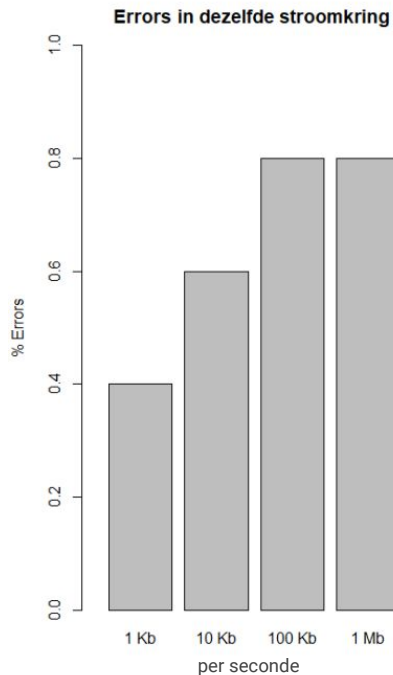


T-test difference in means of VLC binary signal detection in red directed LEDs



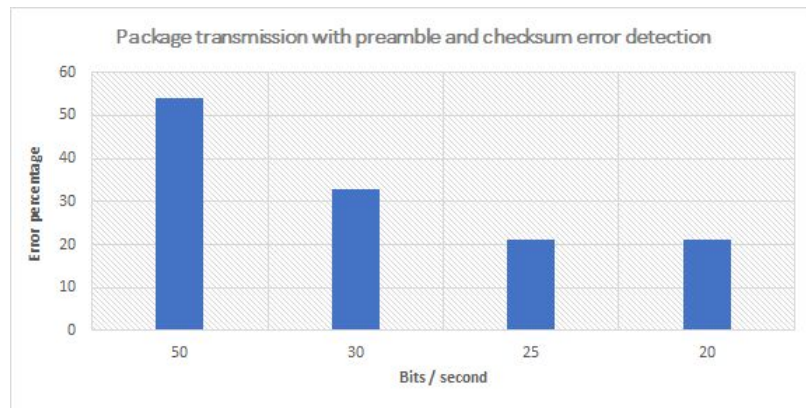
Analyse gedetecteerde fouten

Hypothese: De oorzaak van de fouten zijn niet te wijten aan de ontvanger.



Oversampling en synchronisatie

- Hypothese: Oversampling vermindert checksum errors
- Asynchrone communicatie
>50% checksum errors bij 50 bits/s
- Oversampling
0% checksum errors t.e.m. 5 bits/s



Inhoudstafel

Introductie

Probleemstelling

Voorgestelde oplossingen

Evaluatie

Verder werk

Conclusie

Communicatiekanaal met bootloader

- Byte per pakket ontvangen in microcontroller 2
- Via bootloader geschreven naar flash memory in microcontroller 3
- Opties voor programmatie:

1. Bootloader **behouden** voor ICSP met SPI interface

2. Bootloader **veranderen** voor UART interface

- AVR studio gebruiken voor verificatie van programmatie
- Compilatie activeren na programmatie

Inhoudstafel

Introductie

Probleemstelling

Voorgestelde oplossingen

Evaluatie

Verder werk

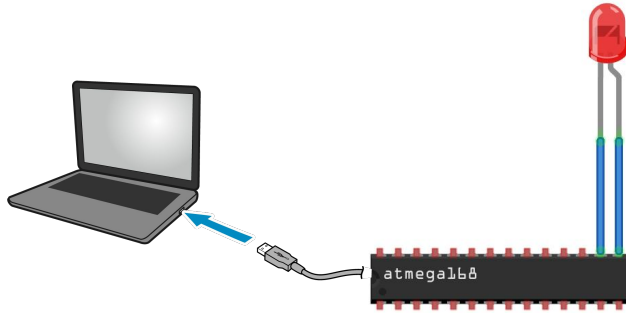
Conclusie

Bereikte criteria

- Beveiligde communicatie van lagere snelheden
- Gerichte LED-LED afstand van enkele centimeter maximaal
- Transmissie en ontvangst van programma bevattende pakketten
- Wederzijdse vertaling van hexadecimale characters naar binaire data
- Onderzoek over bootloader communicatiekanalen
- Implementatie van error correctie methoden
- Implementatie van synchronisatiemethoden
- Implementatie van oversampling

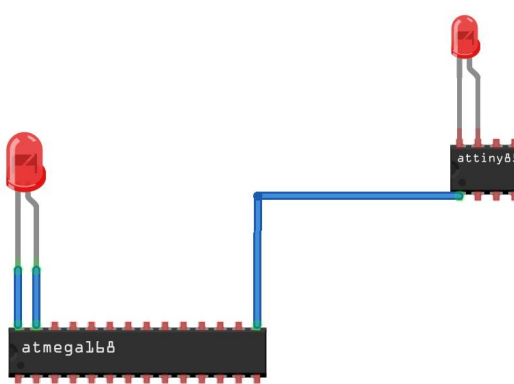
Toepassing in Smart LEDs

Arduino IDE communiceert via USB met microcontroller 1

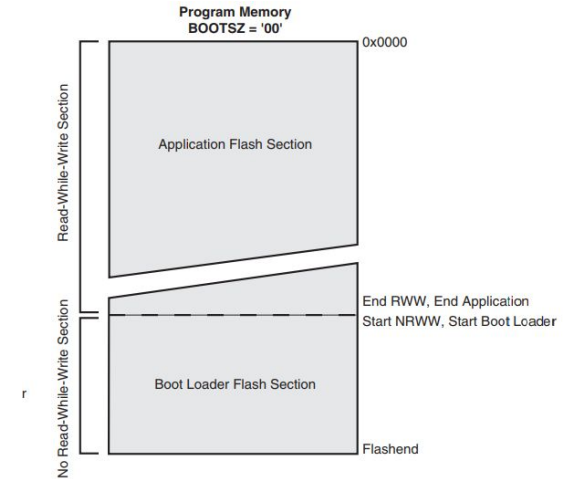


Microcontroller 1 verstuurt VLC met LED in forward bias

Microcontroller 2 communiceert met bootloader van Smart LED via SPI interface



Microcontroller 2 ontvangt VLC in reverse bias en slaagt hexadecimale data op



Dank u wel

Bibliografie

- [1] The Future of VLC: Potential and Limitations, 2014. Prof. Maite Brandt-Pearce, University of Virginia Engineering.
- [2] Radio frequency radiation (RFR): the nature of exposure and carcinogenic potential. P. A. Valberg Cancer Causes Control. 1997 May; 8(3): 323–332. doi: 10.1023/A:1018449003394.
- [3] K Foster. "Radiofrequency Interference With Medical Devices". In: IEEE Eng Med. Bio. Mag. 17.3 (1998), p. 111–114.
- [4] Dietz, Paul & Yerazunis, William & Leigh, Darren. (2003). Very Low-Cost Sensing and Communication Using Bidirectional LEDs. 175-191. 10.1007/978-3-540-39653-6_14.
- [5] Schmid, S. et al. (2012) An LED-to-LED Visible Light Communication system with software-based synchronization [PDF presentation]. Available at: https://www.bu.edu/smartlighting/files/2012/10/Schmid_.pdf (Accessed: 6 May 2019).
- [6] An LED-to-LED Visible Light Communication System with Software-Based Synchronization. ETH Zurich, Disney Research Zurich.
- [7] Adaptive visible light communication LED receiver, 2017. IEEE Sensors.
- [8] Schmidt (2019). Chapter 5: Error-Correcting Codes [online] Available at: <http://people.cs.ksu.edu/~schmidt/115/ch5.html> [Accessed 6 May 2019].
- [9] Arduino. (2019). ArduinoISP. [online] Available at: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoISP> [Accessed 6 May 2019].
- [10] Arduino. (2019). Software Serial. [online] Available at: <https://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial> [Accessed 6 May 2019].
- Atmel AVR2054: Serial Bootloader User Guide. (2015). Firmware programming over USART/SPI/TWI and other serial interfaces. Atmel.
- [12] 8-bit Microcontroller with Low Power 2.4GHz Transceiver for ZigBee and IEEE 802.15.4. (2014). ATmega128RFA1. Atmel.
- [13] Logos Electromechanical, Zigduino, (2013), GitHub repository. <https://github.com/logos-electromechanical/Zigduino>
- [14] Arduino. (2019). Serial. [online] Available at: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/serial/> [Accessed 6 May 2019].

