



---

# HANDLEIDING STROBOSCOOP

---

*Door: J. van Bemmel*

**Naar aanleiding van de afstudeerscriptie: Het visualiseren van trillingsmodi tijdens het triltesten met behulp van frequentiegestuurd licht**

**Versiegeschiedenis:**

*V1.0 : Orgineel*

*V2.0 : toevoeging van de documentatie op de automatische modus*

*Datum laatste versie: 13 augustus 2025*

## Introductie

Deze handleiding betreft alle instructies voor het aansluiten en besturen van de stroboscoop voor de LDS V9800 shaker. Deze stroboscoop bestaat uit een LED lamp en een bijgeleverde controller. Met deze stroboscoop kunnen trillingen worden gevisualiseerd die normaliter niet zichtbaar zijn met het menselijke oog.

In hoofdstuk 3 wordt het elektrische circuit van zowel de stroboscoop als van de controller uitgelicht.

In hoofdstuk 4 wordt de software van de microcontroller uitgelicht. Voor de codering van de Arduino, volg de volgende link via GitHub:

<https://github.com/jvbemmel03/Stroboscope>

Voor het ontwikkelproces en de experimentele toepassing vand de stroboscoop wordt gerefereerd naar het onderzoeksverslag: Het visualiseren van trillingsmodi tijdens het triltesten met behulp van frequentiegestuurd licht.

Figuur 1 betreft het eindproduct: de stroboscoop met de bijbehorende controller.



**Figure 1)** Eindproduct stroboscoop met controller.

## **Inhoudsopgave**

<b>1 Aansluitingen</b>	<b>3</b>
1.1 Stroboscoop . . . . .	3
1.2 Controller . . . . .	5
<b>2 Besturing</b>	<b>6</b>
2.1 Handmatige modus . . . . .	6
2.2 Automatische modus . . . . .	7
2.3 Nauwkeurigheid . . . . .	7
<b>3 Elektrisch circuit</b>	<b>9</b>
<b>4 Software</b>	<b>13</b>

# 1 Aansluitingen

## 1.1 Stroboscoop

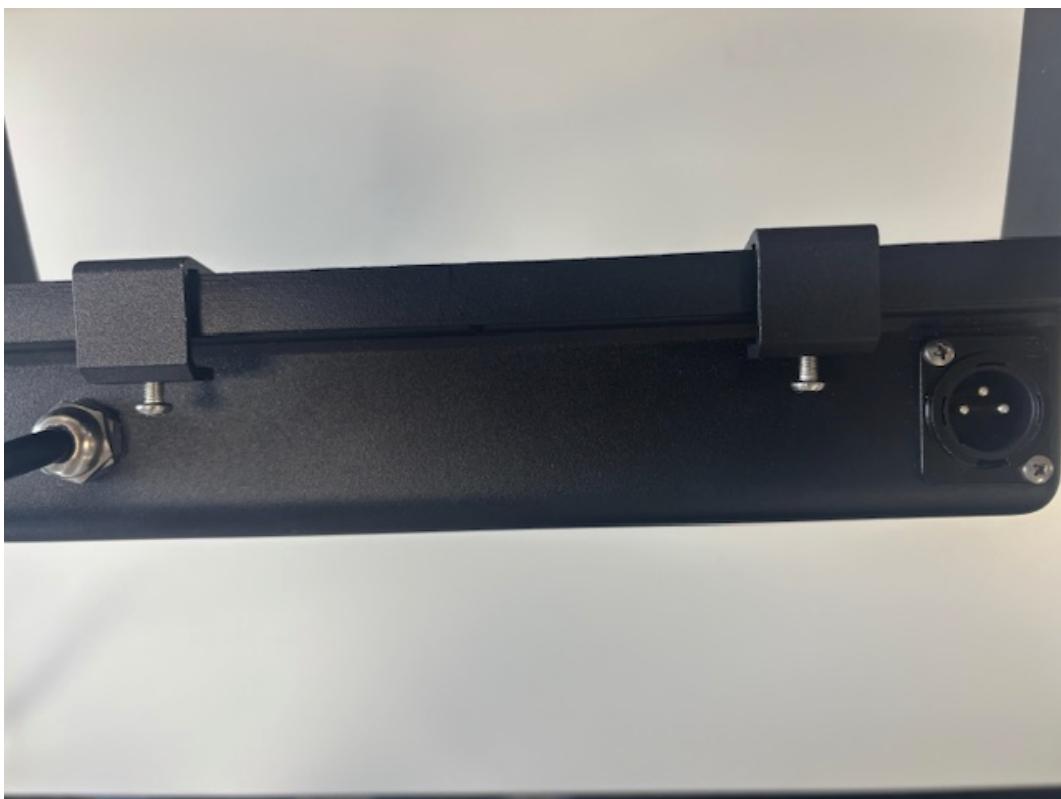
Allereerst dient de stroboscoop op gewenste plek geplaatst te worden. Dit dient dichtbij het te bemonsteren object te zijn. Verder kan de stroboscoop gekanteld worden. Een foto van de stroboscoop op een statief is te zien in figuur 2.



Figure 2) Stroboscoop op een statief.

Sluit nu het voeding van de stroboscoop aan op het stroomnet. Verder bevind er zich een XLR-male aansluiting aan de onderzijde van de stroboscoop. Dit is weergegeven in figuur 3.

Sluit de female-zijde van de XLR-kabel aan op de male-zijde van de XLR-aansluiting van de stroboscoop. De benodigde XLR-kabel wordt weergegeven in figuur 4.



**Figure 3)** Onderzijde stroboscoop met een male XLR aansluiting.



**Figure 4)** XLR-kabel.

## 1.2 Controller

In figuur 5 worden de verschillende aansluitingen weergegeven. De male kant van de XLR-kabel uit figuur 4 dient aangesloten te worden op de XLR-aansluiting van de controller.



**Figure 5)** Aansluitingen controller van de stroboscoop.

Sluit vervolgens de controller aan op het stroomnet via de meegeleverde jack adapter, figuur 6a. Sluit bij het gebruik van de automatische modus de BNC-aansluiting aan op de p+m VibPilot, figuur 6b.



(a) DC-jack adapter.



(b) BNC-aansluiting.

Nu kan de controller ingeschakeld worden.

## 2 Besturing

De stroboscoop beschikt over 2 modi, handmatig en automatisch. Middels een schakelaar kan de modus bepaald worden. De stroboscoop werkt met een aliasfrequentie. Deze frequentie is het verschil in het frequent gepulste licht en de frequentie van de shaker. Een frequentievermindering van 5 Hz betekent dus dat het systeem zichtbaar met 5 Hz oscilleert.



**Figure 7)** Controller van de stroboscoop.

### 2.1 Handmatige modus

In deze modus kan de frequentie van de stroboscoop handmatig ingesteld worden. In figuur 7 wordt de user interface van deze modus weergegeven.

Met de linker draaiknop kan de frequentie worden ingesteld in een range van 0-100 Hz met een stapgrootte van 0.1 Hz. Bij 0 Hz pulst de stroboscoop niet. Wanneer een reset nodig is in de frequentie kan simpelweg de aan/uit schakelaar van de controller gebruikt worden. De frequentie gaat dan terug naar 0 Hz (uit). Wanneer de knop vanaf 0 Hz naar links wordt gedraaid, gaat de waarde naar 100.0 Hz. Hierdoor is de stroboscoop snel in te stellen. Verder kan deze knop ingedrukt worden. Hierbij gaat de stroboscoop terug naar 0 Hz. Verder kan de met de middelste knop de pulsbreedte ingesteld worden. Deze waarde gaat van 0-100 procent en geeft de tijdsduur van een puls aan. Bij 0 procent is er geen puls en bij 100 procent is er een continue puls. Met de rechterknop kan de intensiteit van de stroboscoop gereguleerd worden van 0-100 procent.

De beste instellingen voor een zichtbare detectie zijn:

- **Aliasfrequentie: 0.5 tot 3.0 Hz**
- **Pulsbreedte 5 tot 35 %**
- **Intensiteit groter dan 10 %**

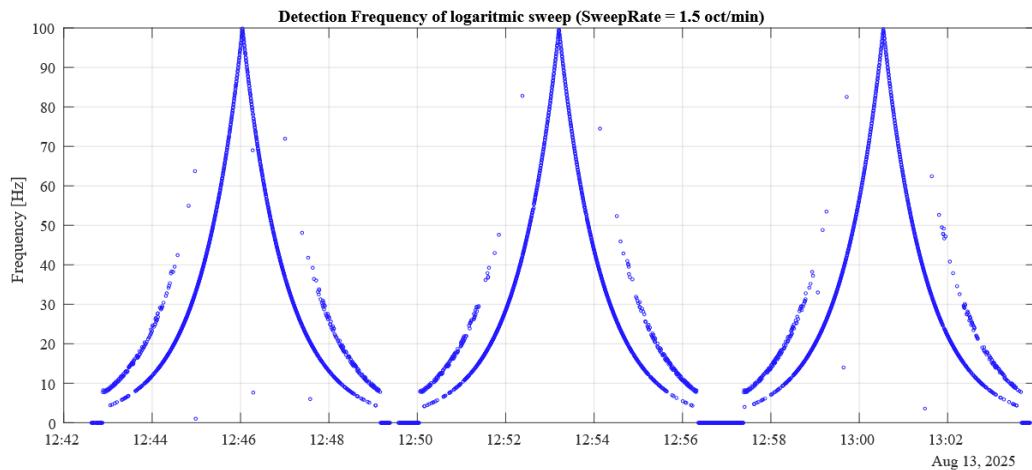
## 2.2 Automatische modus

De automatische modus wordt gebruikt om synchronische sinussweeps uit te voeren. In deze modus kan met de linker knop de aliasfrequentie ingesteld worden. Deze waarde is instelbaar van 0 tot 5 Hz met een stapgrootte van 0.1 Hz. Merk op dat de frequentie van de stroboscoop altijd meer is dan de frequentie van de shaker.

De automatische modus heeft een limiet van 200 Hz. Wanneer geen frequentie wordt gedetecteerd is een break-out ingesteld op 0.5 seconden en zal de ingestelde aliasfrequentie naar de stroboscoop gestuurd worden.

In figuur 8 zijn 3 sinussweeps te zien waarin 1 sinussweep bestaat uit een logaritmische verhoging opgevolgd door een logaritmische verlaging van de frequentie met 1.5 octaaf per minuut.

Bij frequenties onder de 25 a 30 Hz kan de controller de frequentie niet stabiel waarnemen. Hierdoor kan de stroboscoop alleen stabiel worden gebruikt vanaf circa 25 Hz. De fout door op de bepaling van de frequentie betreft circa 0.06 Hz.



**Figure 8** Detectie van frequentie door de Arduino voor een logaritmische sinussweep.

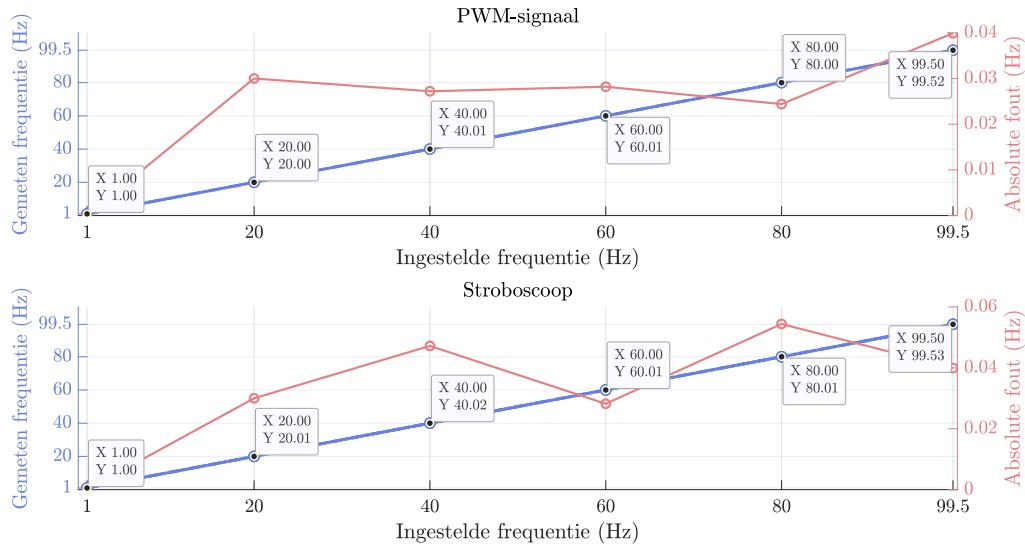
De beste instellingen voor een zichtbare detectie zijn:

- **Aliasfrequentie: 0.5 tot 3.0 Hz**
- **Pulsbreedte 5 tot 35 %**
- **Intensiteit groter dan 10 %**

## 2.3 Nauwkeurigheid

De absolute fout op de frequentie van de stroboscoop wordt weergegeven in figuur 9. Deze waardes zijn bepaald uit spanningsmetingen via een oscilloscoop.

## Validatiemeting van het PWM-signaal en de stroboscoop



**Figure 9)** Fout op de ingestelde frequentie van de stroboscoop.

### 3 Elektrisch circuit

Een schematische weergave voor de aansturing van de stroboscoop is weergegeven in figuur 10. Hierin wordt door de Arduino Uno R3 (1) twee pwm signalen gestuurd naar de transistoren (4), via een  $2.2\ k\Omega$  weerstand (2). De stroboscoop (LED lamp) wordt aangeduid met (5).

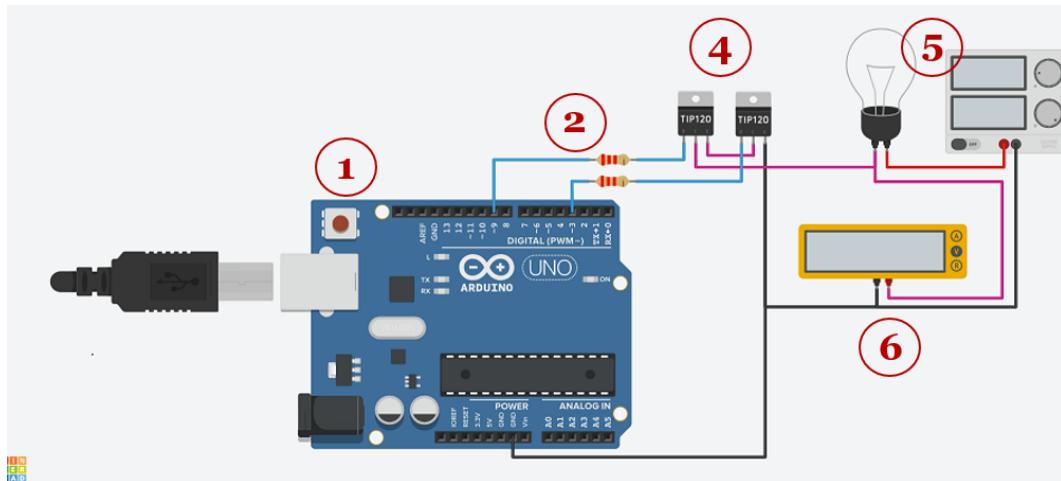


Figure 10 Schematische weergave voor de aansturing van de stroboscoop.

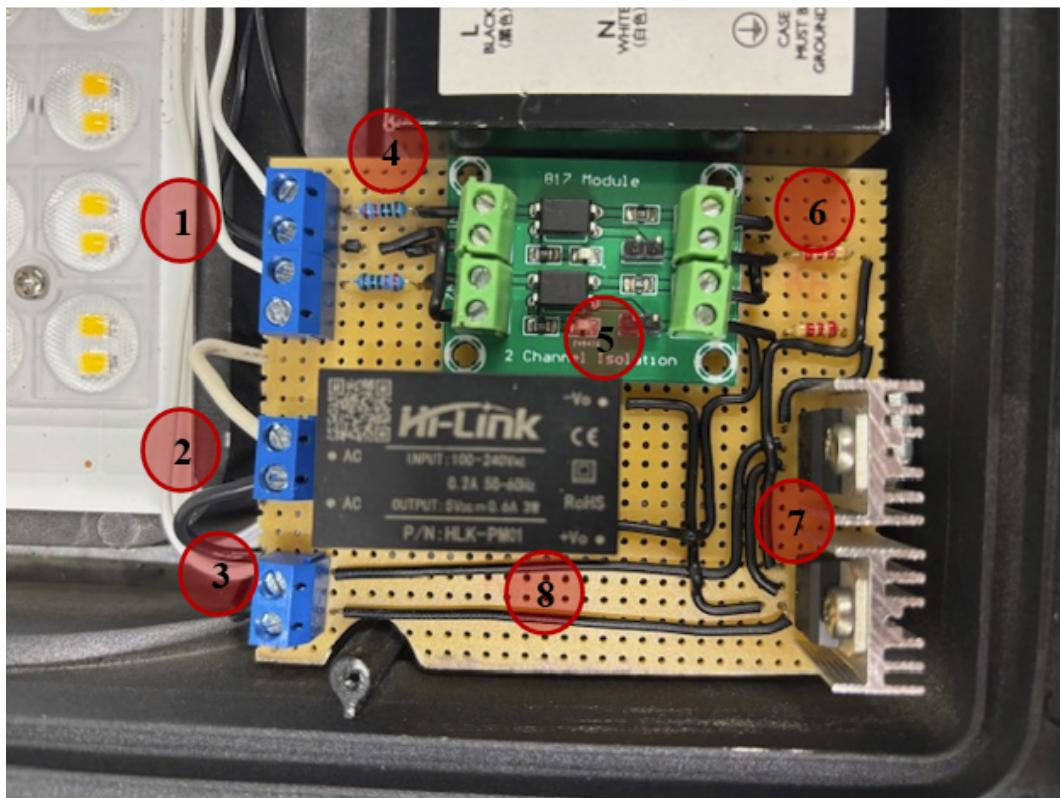


Figure 11) PBC binninnen de stroboscoop.

In figuur 11 wordt het elektrische circuit in de stroboscoop weergegeven. Hierin worden de volgende aspecten uitgelicht:

1. aansluiting PWM signalen (wit) en massa arduino (zwart)
2. AC aansluiting
3. onderbreking circuit LED paneel
4.  $1\text{ k}\Omega$  weerstanden
5. Optocouler
6.  $2.2\text{ k}\Omega$  weerstanden
7. Tip122 transistoren
8. ACDC converter 5 V

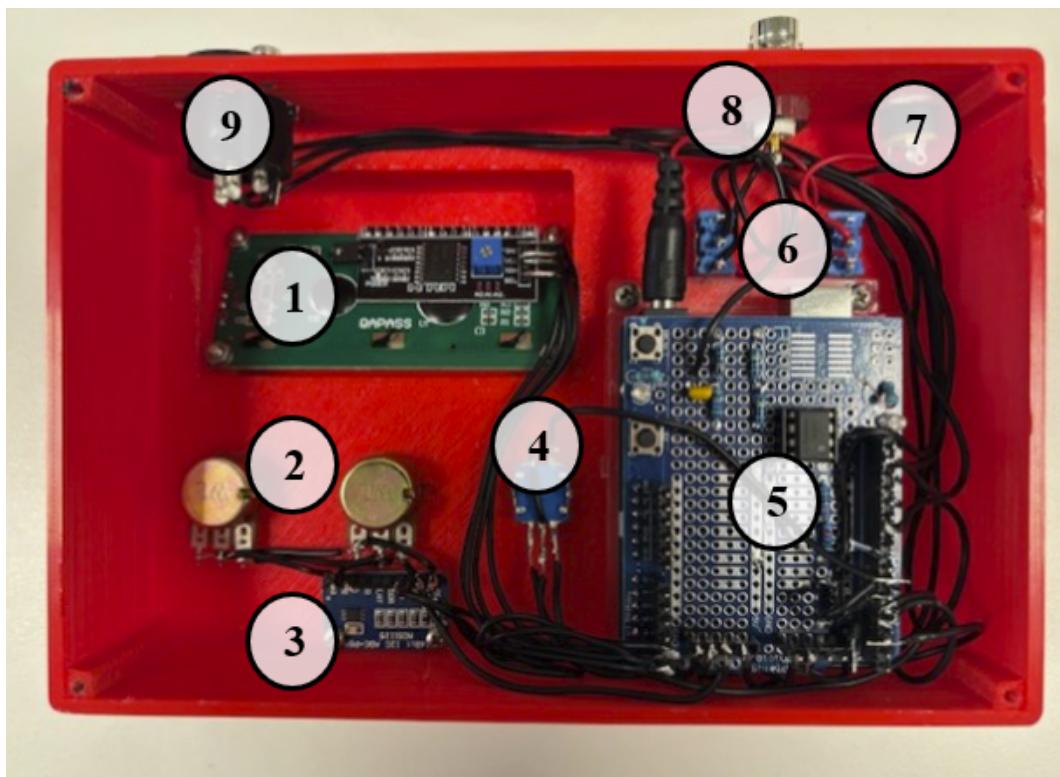


Figure 12) Componenten binnin de stroboscoop.

1. LCD scherm met I2C protocol
2.  $10 k\ \Omega$  potentiometers
3. Analog/digital converter ADS1115
4. EC11 rotary encoder
5. Arduino UNO R3 SMD met prototyping shield
6. tuimelschakelaars
7. DC jack voeding aansluiting
8. BNC aansluiting
9. XLR aansluiting

Onderdeel	Beschrijving	Prijs per stuk (exclusief aantel)	aantal	Link
Arduino Uno R3 SMD	16 MHz, 20 I/O pins	29,95	1	<a href="https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3-smd">https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3-smd</a>
Tsong 100W LED	100 Watt (7000 Lumen)		1	
LCD HD44780	LCD HD44780 16x2 wit op blauw	3,95	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Display-LCD-HD44780-16x2-wit-op-blauw-p1067302">https://www.bitsandparts.nl/Display-LCD-HD44780-16x2-wit-op-blauw-p1067302</a>
LCD I2C interface	I2C interface voor 16x2 LCD display	2,95	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/I2C-interface-voor-16x2-LCD-display-p1067302">https://www.bitsandparts.nl/I2C-interface-voor-16x2-LCD-display-p1067302</a>
Transistor TIP122	Transistor TIP122 NPN Darlington 100V / 5A	0,45	2	<a href="https://www.bitsandparts.nl/I2C-interface-voor-16x2-20x4-LCD-display-p1067303">https://www.bitsandparts.nl/I2C-interface-voor-16x2-20x4-LCD-display-p1067303</a>
potentiometer 10k Ohm	Lineair Ø6mm	0,50	4	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Weerstand-regelbaar-potentiometer-axiaal-10K-Ohm-Lineair-%C3%886mm-p191515">https://www.bitsandparts.nl/Weerstand-regelbaar-potentiometer-axiaal-10K-Ohm-Lineair-%C3%886mm-p191515</a>
knop potentiometer	Knop Marshall II Zwart/Zilver	1,25	4	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Knop-Marshall-II-Zwart-Zilver-p112304">https://www.bitsandparts.nl/Knop-Marshall-II-Zwart-Zilver-p112304</a>
Prototype shield	Prototype shield met mini breadboard voor Arduino	3,95	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Prototype-shield-met-mini-breadboard-voor-Arduino-p100963">https://www.bitsandparts.nl/Prototype-shield-met-mini-breadboard-voor-Arduino-p100963</a>
Tuimelschakelaar	Tuimelschakelaar mini enkelpolig aan/uit SPDT	0,95	3	<a href="https://www.benselectronics.nl/ads115-analoge-uitbreiding-4-kanaals-uit-SPDT-p1098845">https://www.benselectronics.nl/ads115-analoge-uitbreiding-4-kanaals-uit-SPDT-p1098845</a>
Analog digital converter	ADS115	5,95	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/16bit.html">https://www.bitsandparts.nl/16bit.html</a>
Kapje tuimelschakelaar rood	Kapje/Cap voor mini tuimelschakelaars Rood	0,10	2	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Kapje-Cap-voor-mini-tuimelschakelaars-Rood-p1098935">https://www.bitsandparts.nl/Kapje-Cap-voor-mini-tuimelschakelaars-Rood-p1098935</a>
Kapje tuimelschakelaar zwart	Kapje/Cap voor mini tuimelschakelaars Zwart	0,10	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Zwart-p1098937">https://www.bitsandparts.nl/Zwart-p1098937</a>
voedingsstekker/jack	Chassisdeel 2,1x5,5mm voedingsstekker/stekker jack plug breadboard-vriendelijk	1,75	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Chassisdeel-2-1x5-5mm-voedingsstekker-jack-plug-breadboard-vriendelijk-p105132">https://www.bitsandparts.nl/Chassisdeel-2-1x5-5mm-voedingsstekker-jack-plug-breadboard-vriendelijk-p105132</a>
Comparatormosfet	LM393	0,50	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/LM393-2-voudige-comparator-p113650">https://www.bitsandparts.nl/LM393-2-voudige-comparator-p113650</a>
Keramische condensator	2,2 mu F		1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Condensator-2-2%C2%BC5-50V-Keramisch-p1904045">https://www.bitsandparts.nl/Condensator-2-2%C2%BC5-50V-Keramisch-p1904045</a>
Optocoupler op PCB	2-kanaals optocoupler PC817		1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Optocoupler-module-36-24v-2-kanaalen-pc817/">https://www.bitsandparts.nl/Optocoupler-module-36-24v-2-kanaalen-pc817/</a>
5V AC/DC converter	HLK-PM01	5,95	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/AC-DC-Voedingsmodule-HLK-PM01-1-Uin-220V-Uout-5V-3W-p121910">https://www.bitsandparts.nl/AC-DC-Voedingsmodule-HLK-PM01-1-Uin-220V-Uout-5V-3W-p121910</a>
Rotary encoder	EC11	0,75	1	<a href="https://www.bitsandparts.nl/Code-schakelaars-Rotary-switches/cl-17-66-17#MDAwMjUyEFSWUVO009ERVJFRUMxMv8/ME1N">https://www.bitsandparts.nl/Code-schakelaars-Rotary-switches/cl-17-66-17#MDAwMjUyEFSWUVO009ERVJFRUMxMv8/ME1N</a>

Figure 13) Onderdelen lijst met bijbehorende link naar de webshop.

## 4 Software

Voor aanpassing kan de Arduino losgeschroefd worden van de controller en middels een USB-B stekker geprogrammeerd worden. Voor het aanpassen en runnen van de code zijn de volgende bibliotheken nodig:

- Wire.h (automatisch geinstalleerd)
- TimerOne.h (door: Paul Stoffregen)
- ADS1X15.h (door: Adafruit Industries)
- LiquidCrystal\_I2C.h (door: Frank de Brabander)
- Encoder.h (door: Paul Stoffregen)

Het stappenplan voor het aanpassen van het script van de Arduino UNO R3:

- 1) Download Arduino IDE
- 2) Ga naar sketch -> include libraries -> manage libraries. Hier staan alle gedownloade libraries. Mocht de benodigde libraries hier niet tussen staan volg de volgende stappen.
- 3) Ga naar sketch -> include libraires -> zoek naar de gewenste library.
- 4) Verder kan een library ingeladen worden via ee zip file. Hierin het van belang dat zowel de .cpp als de .h file dezelfde naam hebben als de ingeladen zipfile.

Voor meer informatie over het installeren van de libraries: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/installing-libraries/>.

In GitHub staan alle versies voor de aansluiting van de stroboscoop evenals simpele scripts voor alle losse componenten.