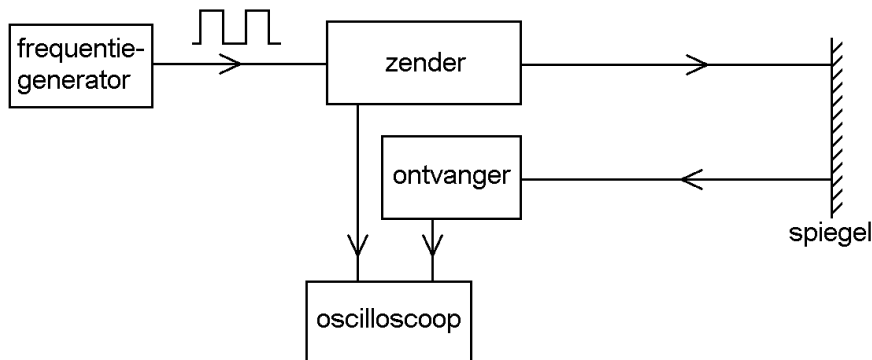


# Metten van de lichtsnelheid

Deze proef is afgeleid van het artikel 'How to measure the speed of light at your university with a dinner budget' van Ortiz en Montecinos.

## Samenvatting van de proef

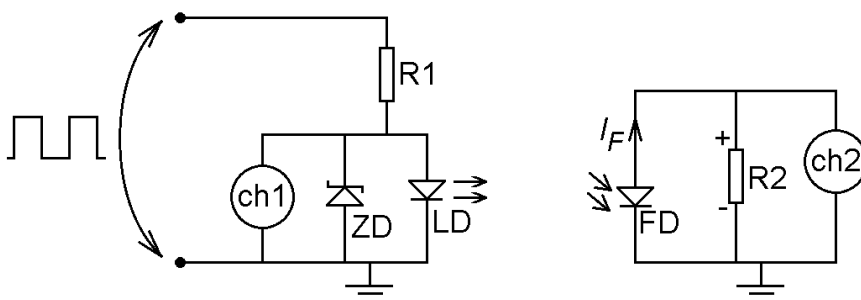
In deze proef wordt de lichtsnelheid bepaald door te meten hoelang het licht erover doet om een bepaalde afstand af te leggen. In grote lijnen wordt dit als volgt gedaan. Zie ook de onderstaande figuur voor een schematisch overzicht.



Een functiegenerator levert een blokspanning aan de 'zender'. De zender is een schakeling met een laserdiode die daarbij een periodiek lichtsignaal uitzendt in de richting van een spiegel. Het teruggekaatste lichtsignaal wordt opgevangen door de 'ontvanger' die zich naast de zender bevindt. De ontvanger is een schakeling met een fotodiode die een (foto)stroom levert als er licht opvalt. Met een oscilloscoop wordt het tijdsverloop van de spanning over de laserdiode en over de fotodiode gemeten. De afstand tussen enerzijds de zender plus ontvanger en anderzijds de spiegel wordt stapsgewijs vergroot. Hierdoor komt het spanningsverloop over de fotodiode steeds later in de tijd te liggen. Hieruit kan de lichtsnelheid bepaald worden.

## Beschrijving van de elektronica

De onderstaande linker schakeling geeft de zender weer. De laserdiode is met LD aangeduid. Parallel aan de laserdiode staat een zenerdiode (ZD). In serie met de zenerdiode en laser diode staat een weerstand (R1). Een signaalgenerator levert een blokspanning aan de schakeling. Dankzij de zenerdiode en de weerstand wordt voorkomen dat de spanning over de laserdiode te groot wordt en daardoor kapot zou gaan. Kanaal 1 (channel 1) van de oscilloscoop (ch1) meet de spanning over de laserdiode.



De bovenstaande rechter schakeling geeft de ontvanger weer. De fotodiode met FD aangeduid. Parallel aan de fotodiode staat een weerstand (R2). Als er licht op de fotodiode valt, wordt een fotostroom ( $I_F$ ) opgewekt. Door deze stroom ontstaat er een spanning over de weerstand. Kanaal 2 (channel 2) van de oscilloscoop (ch2) meet deze spanning. Uiteraard kan de spanning nooit hoger worden dan de drempelspanning van de (foto)diode (ongeveer 0,6 V) want dan zou hij in geleiding komen. Het ligt voor de hand om de waarde van de weerstand niet te groot te maken omdat elke diode een capaciteit heeft. Hoe groter de RC-tijd is, des te trager de schakeling op lichtfluctuaties reageert.

De volgende waarden zijn in de schakeling van toepassing.

Blokspanning: ongeveer 15 V met een frequentie van ongeveer 10 Hz.

Laserdiode: circa 5 V.

Zenerdiode: 4,5 V.

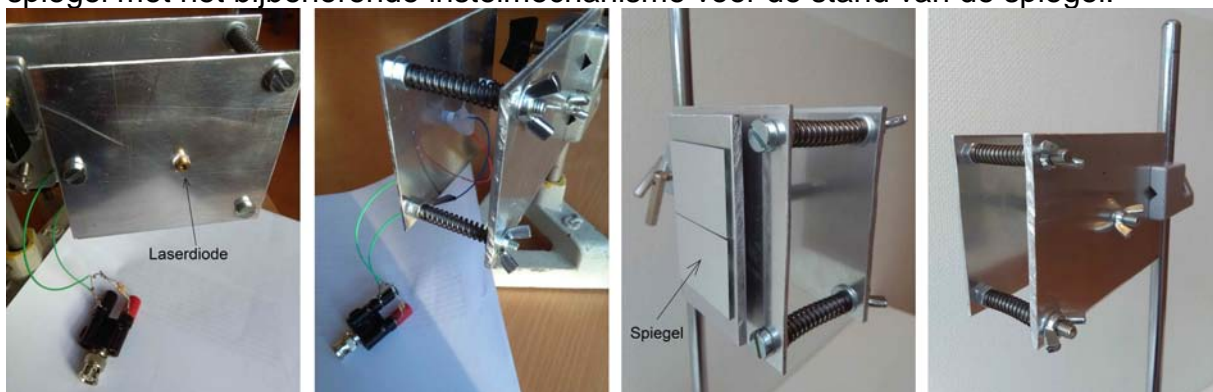
Weerstand R1: 100  $\Omega$ .

Fotodiode: BPW34.

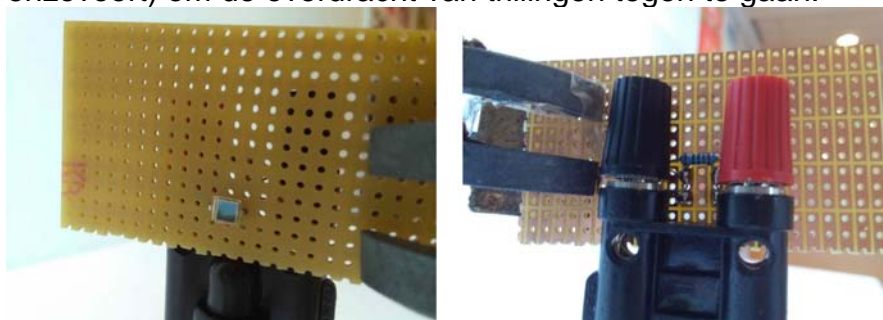
Weerstand R2: 100  $\Omega$ .

### Onderdelen van de opstelling

De onderstaande twee linker foto's tonen de laserdiode met het bijbehorende instelmechanisme voor de richting van de lichtstraal. De twee rechter foto's tonen de spiegel met het bijbehorende instelmechanisme voor de stand van de spiegel.



De onderstaande foto's tonen de fotodiode die op een printplaat zit. In de praktijk is het handig om de opstelling van de fotodiode (inclusief statief enzovoort) op een andere tafel te plaatsen dan de opstelling van de laserdiode (inclusief statief enzovoort) om de overdracht van trillingen tegen te gaan.



Voor de fotodiode wordt een bolle lens geplaatst. Als het licht een lange afstand doorloopt, dus als de spiegel ver van de laserdiode en de fotodiode af staat, is de terugkomende lichtbundel door divergentie breed geworden. Het is dan wenselijk om met een bolle lens zoveel mogelijk licht op te vangen.

#### Voorbeelden van oscilloscoopbeelden

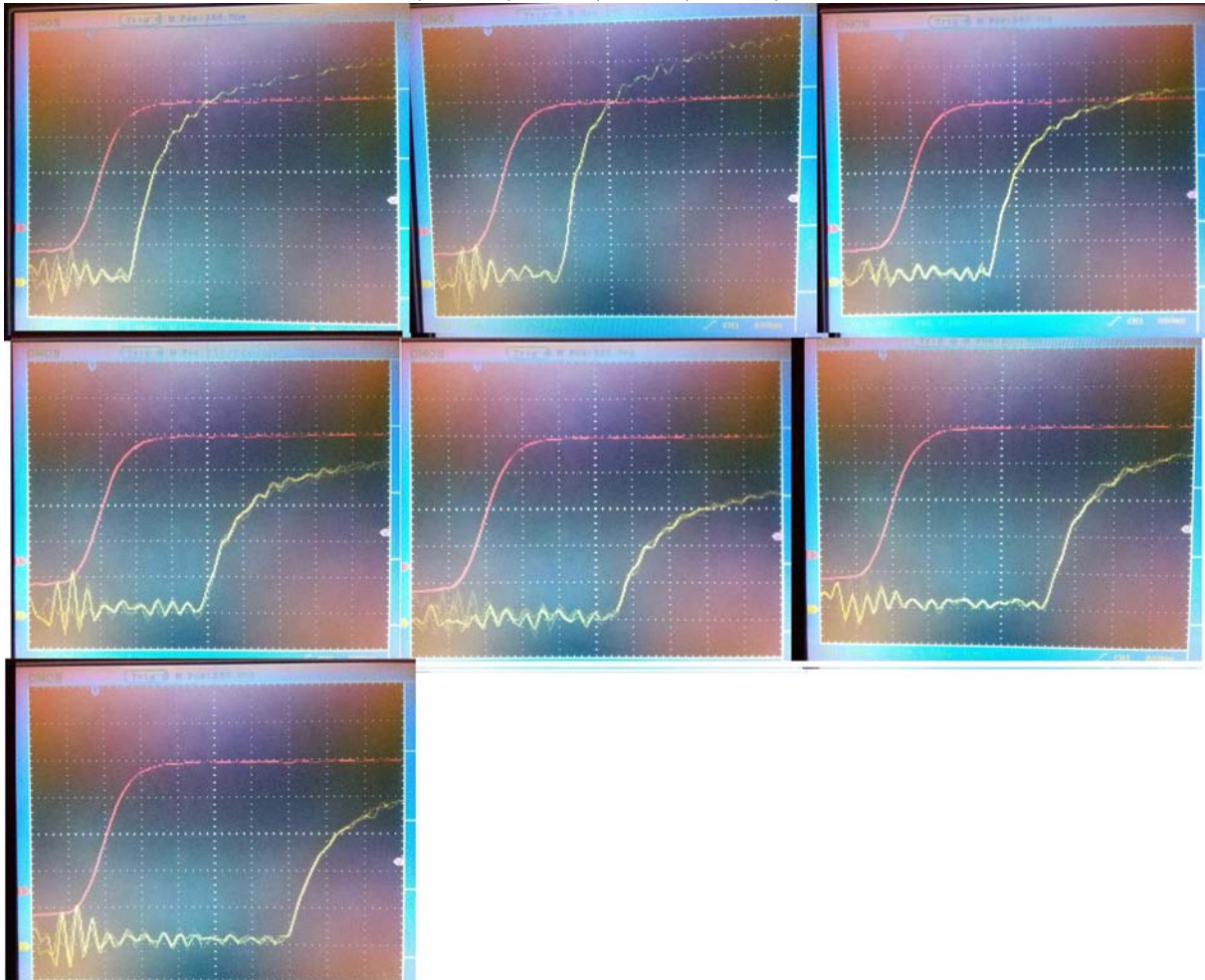
In de onderstaande zeven oscilloscoopbeelden is kanaal 1 rood en geeft de spanning over de laserdiode weer. Kanaal 2 is geel en geeft de spanning over de fotodiode weer. De oscilloscoopinstellingen zijn als volgt.

kanaal 1: 1 V/div

kanaal 2: 5 mV/div

tijdbasis: 50 ns/div

De beelden horen achtereenvolgens bij een afstand tussen spiegel en laserdiode/fotodiode van 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m en 35 m.



Duidelijk verschuift het gele signaal naar rechts bij een toenemende lichtweg. Uit deze verschuiving volgt een lichtsnelheid van ongeveer  $3 \cdot 10^8$  m/s.