

SpeedGate – fotocel met display



Omschrijving

SpeedGate is een fotocel met dubbele straal en ingebouwd display. Met twee lichtstralen is het mogelijk om direct de snelheid te meten bij het passeren van de fotocel. Het display maakt een externe teller overbodig.

Naast de twee lichtstralen kan je ook externe signalen gebruiken om de timing te starten en te stoppen. Dit maakt het mogelijk om het tijdsinterval tussen het passeren van twee fotocellen te meten. Extern signaal kan de lichtstralen volledig vervangen. Op deze manier kan SpeedGate worden gebruikt als universele timer – bijvoorbeeld met twee microfoons.

Speedgate wordt bediend met drie drukknoppen; twee knoppen (I en II) selecteren de werkingsmodus en de derde (X) wordt gebruikt voor reset en aan & uit.

Het display is verdeeld in twee gebieden die overeenkomen met de twee functieknoppen. Het scherm draait mee met de zwaartekracht, zodat de cijfers op het scherm altijd rechtop staan. Een statusgebied toont constant de status van de twee lichtstralen en de externe ingangen.

Typische experimenten

De volgende voorbeelden van experimenten kunnen rond één of meer speedgates worden gebouwd. (Extra materiaal is nodig)

- Gelijkmatic versnelde beweging
- Tweede wet van Newton
- Impulsbehoud
- De wet van Galileo
- Mechanische energiebesparing
- Wiskundige slinger
- Fysieke slinger
- Soepele cirkelvormige beweging
- Snelheid van geluid
- enz.

Zie ook vanaf pagina 8.

Funcieoverzicht

De onderstaande tabel toont de combinatie-opties voor de functies van de SpeedGate. Ze worden in detail besproken.

Primaire functie (bovenste display) ❶	Secundaire functie (onderste display) ❷
Front time	Previous Value Interval Before Interval After
Dark Time (X)	Previous Value Interval Before Interval After
Speed	Previous Value ① Interval Before Interval After Front Time ①
Period (X)	Mean Period ② Mean Frequency ② Counts ②
Pendulum Period (X)	Mean Pendulum Period ③ Mean Pendulum Frequency ③ Period Count ③

①, ② respectievelijk ③: wederzijds compatibele functies – zie paragraaf “Bediening” bij Primaire functie.

Bediening

De SpeedGate wordt aangezet door op **X** te drukken. Dezelfde knop wordt gebruikt voor het resetten (kort indrukken) en voor het uitzetten (lang indrukken).

Als het apparaat wordt ingeschakeld, wordt de gevoeligheid van de sensor gekalibreerd. Het is daarom belangrijk dat op dit moment niets de lichtstralen blokkeert.

De twee lichtstralen worden aangeduid met X en Y. De voorste lichtbundel is X, de achterste Y. Bij het meten van Front Time of Speed worden de resultaten weergegeven met een teken. De beweging van X naar Y is positief. Naast de tekens wordt de richting ook grafisch weergegeven door de symbolen $X \blacktriangleright Y$ respectievelijk $Y \blacktriangleright X$.

Sommige functies kunnen de ingangen Aux IN en Chain IN gebruiken. Het Aux IN-signaal werkt grotendeels als lichtstraal X. Chain IN wordt o.a. gebruikt voor timing tussen twee Speedgates. Details volgen in een later gedeelte.

De knop ❶ selecteert de primaire functie van de fotocel. Voor elke primaire functie wordt ❷ gebruikt om een secundaire functie te selecteren. Beide knoppen “scrollen” door de opties: Als de onderkant van de lijst is bereikt, gaat de volgende druk naar de bovenkant. Door op ❶ te drukken worden alle lopende metingen geannuleerd en wordt de weergave op nul gezet.

Als een meting bezig is – of als een eerder resultaat wordt getoond – zal het drukken op ❷ de meting niet stoppen of resetten. Herhaaldelijk op ❷ drukken zal de SpeedGate daarom terug brengen naar exact dezelfde staat als voorheen. Sommige secundaire functies zijn onderling compatibel, wat betekent dat de meting gewoon doorgaat met een nieuwe secundaire functie. Deze

worden in het display in de normale, witte letters weergegeven. In de bovenstaande tabel worden deze modi gemarkeerd met gewone cijfers (①, ② respectievelijk ③). Andere secundaire functies kunnen elkaar niet op een zinvolle manier vervangen. Zo'n functie wordt in lichtblauwe letters weergegeven. Als je naar de weergegeven secundaire functie wilt overschakelen, moet je de meting resetten door op **X** te drukken.

Primaire functies – selecteer met **I**

Het resultaat van deze metingen wordt bovenaan in het scherm weergegeven.

Front Time

Dit geeft de tijd aan die de voorkant van een object nodig heeft om van de ene lichtstraal naar de andere te gaan. Fronttijden zijn weergegeven met een teken. De tijd wordt tijdens de meting weergegeven.

Dark Time (X)

Deze functie meet hoe lang de lichtstraal X wordt geblokkeerd. De tijd wordt weergegeven terwijl de meting plaatsvindt.

Speed

Deze functie gebruikt intern zowel een meting van de Fronttijd als de bekende afstand tussen de lichtstralen om een snelheid te bepalen. De afstand tussen de twee lichtstralen is zeer dichtbij 20 mm (elke SpeedGate is individueel gekalibreerd met de exacte waarde). Snelheden worden met een teken weergegeven. De snelheid wordt weergegeven terwijl de meting plaatsvindt.

Periode (X)

De periode van een terugkerend fenomeen is het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende gebeurtenissen. Gemeten op lichtstraal X. Gebruikt b.v. bij het bepalen van de doorlooptijd.

Pendulum Period (X) (Slingerperiode)

Deze functie lijkt erg op de bovenstaande meting van de periode, maar elke tweede gebeurtenis wordt genegeerd. Het wordt gemeten met lichtstraal X. Normaal gesproken gebruikt voor het vinden van de periode van een slinger die helemaal door de fotopoort slingert.

In deze situatie wil je het interval tussen twee passages in dezelfde richting timen. (Als de amplitude hiervoor te klein is, gebruik dan in plaats daarvan de functie Periode).

Secundaire functies – selecteer met **II**

Het resultaat van deze metingen wordt onderaan in het scherm weergegeven.

Previous Value

Elke keer dat de primaire functie een meting start, wordt het vorige resultaat omlaag geplaatst naar het onderste display. Bij het selecteren van deze secundaire functie worden continue metingen uitgevoerd zonder dat deze tijdens de meting gereset hoeven te worden.

Interval Before (Intervaltijd voor het passeren van de fotocel)

Wordt gebruikt met Chain IN, die is verbonden met Chain OUT op een andere SpeedGate die eerder moet worden gepasseerd. Wanneer de andere SpeedGate is gepasseerd, begint de meting van de intervaltijd.

Bij het passeren van de eerste lichtstralen (X of Y) wordt de intervaltiming gestopt.

Deze secundaire functie moeten worden gereset voordat een nieuwe meting kan worden uitgevoerd.

Het signaal dat op Chain IN wordt ontvangen, wordt doorgestuurd naar Chain OUT. Op deze manier kan een enkel startsignaal de intervaltiming starten op verschillende in serie geschakelde SpeedGates.

Als Interval Before is geselecteerd, wordt deze Speedgate ook gereset als de vorige dat is. Als er meerdere SpeedGates in serie zijn geschakeld, kan de eerste de volledige serie op nul zetten.

Interval After (Intervaltijd na het passeren van de fotocel)

Gebruikt met Chain IN. Chain IN is verbonden met Chain OUT op een andere SpeedGate die daarna wordt gepasseerd.

Wanneer de eerste lichtstraal (X of Y) op deze SpeedGate wordt geblokkeerd, begint de intervaltiming. Als de tweede SpeedGate is gepasseerd, wordt de intervaltiming gestopt. Deze secundaire functie moet worden gereset voordat een nieuwe meting kan worden uitgevoerd.

Front Time

Meting van snelheid is gebaseerd op een meting van fronttijd. Deze secundaire functie toont de onderliggende meting. Net als bij de functie Previous Value, worden continue metingen uitgevoerd zonder dat een reset tussen de metingen nodig is.

Mean Period (Gemiddelde periode)

Dit is de som van de perioden die zijn gemeten sinds de laatste reset van het apparaat, gedeeld door het aantal voltooide perioden. (weergave in s)

Mean Frequency (Gemiddelde frequentie)

Geeft de reciproke waarde van de gemiddelde periode weer. (weergave in Hz)

Counts

Het aantal keren dat de lichtstraal is geblokkeerd sinds de laatste nulstelling van het apparaat (- *niet* het aantal perioden, dat is er dus 1 minder).

Mean Pendulum Period (Gemiddelde slingerperiode)

Dit is de som van de gemeten slingerperiodes sinds de laatste reset - gedeeld door het aantal hele slingerperiodes. (weergave in s)

Mean Pendulum Frequency (Gemiddelde slingerfrequentie)


Dit is de reciproke waarde van de gemiddelde slingerperiode. (weergave in Hz)


Period Count


Dit is het aantal volledige, voltooide slingerperiodes sinds de laatste reset (dit is noch het aantal, noch de helft van het aantal passages van de lichtstraal).

Status indicator








Een vast gebied in het display is gereserveerd om de status van de vier signalen weer te geven: de lichtstralen X en Y, Chain IN en Aux IN. De statusweergave kan handig zijn voor het analyseren en oplossen van problemen met experimenten.

 Ongeacht de functiekeuze, kan men de *fysieke* toestand van de signalen aflezen; de SHADOW-modus (lichtstraal X en Y) resp. HIGH (Chain IN en Aux IN) zijn gemarkeerd met een geel vierkant.

 Voor elke combinatie van primaire en secundaire functies zijn er één of meer signalen die de timing kunnen starten of stoppen. Deze signalen staan in de LISTENING-modus en zijn gemarkeerd met een groene cirkel.

 Een signaal dat het starten of stoppen van de timing heeft veroorzaakt, bevindt zich in de status TRIGGERED. Dit wordt aangegeven door een blauwe stip.

De drie voorwaarden kunnen in combinaties voorkomen - zie onderstaande afbeelding.

		Low / High / Light Shadow	
Deaf, not triggered			
Listening, not triggered			
Deaf, triggered			
Listening, triggered			

Aux IN en Chain IN

Chain IN ontvangt signalen van Chain Out van een andere (2^e) SpeedGate. De ingang kan ook gebruikt worden met andere meetinstrumenten zoals bijvoorbeeld artikel 248600 microfoon. Aux IN is in veel metingen opgenomen als alternatief voor lichtbundel X - maar niet in functies die ook lichtbundel Y (*Front Time, Speed*) omvatten. Aux IN kan worden gekoppeld aan andere (meet)apparatuur.

Logische niveaus

Om SpeedGate zo veelzijdig mogelijk te maken, passen de elektrische ingangen zich aan de aangesloten apparatuur aan. **Dit gebeurt normaal gesproken automatisch, op een intuïtieve manier** - zolang je je houdt aan apparatuur die wordt beschreven als compatibel met SpeedGate.

In het belang van gebruikers die gebruik willen maken van andere apparatuur - eventueel zelfgebouwd - volgt hier een gedetailleerde beschrijving. Dit zal ook een achtergrond bieden voor een grondig begrip van de statusindicatoren.

SpeedGate reageert op vier signalen: Lichtstralen X en Y, Chain IN en Aux IN. Op fysiek niveau kan een lichtstraal worden geblokkeerd of niet en een elektrische ingang kan HOOG ($\approx 5\text{ V}$) of LAAG ($\approx 0\text{ V}$) zijn.


De twee lichtstralen hebben een vaste translatie tussen hun fysieke toestand en het intern gebruikte logische niveau: LICHT = rusttoestand = logisch 0.

SCHADUW = actieve toestand = logisch 1.

Een meting van *Dark Time* voor lichtbundel X is altijd een maat voor hoe lang lichtstraal X geblokkeerd is (d.w.z. logisch 1).

Voor de twee ingangen, Chain IN en Aux IN, is de vertaling dynamisch. Dit betekent dat de rusttoestand, logisch 0 overeenkomt met de fysieke toestand die de ingang heeft wanneer de fotocel wordt gereset.

Voorbeeld van dynamische toewijzing van logische niveaus

Veronderstel dat Chain IN HIGH is en Aux IN LOW wanneer  wordt ingedrukt. Dan geldt het volgende:

Chain IN: LOW = Logic 1 HIGH = Logic 0

Aux IN: LAAG = Logica 0 HOOG = Logica 1

(Alleen in dit voorbeeld)

Als de geselecteerde functie *Dark Time + Interval Before* is, kan een mogelijke reeks gebeurtenissen zijn:

1 - Chain IN gaat LAAG (logica 1)

de intervaltiming begint

2 - Chain IN gaat HOOG (logisch 0)

geen actie

3 - Aux IN gaat HOOG (logica 1)

intervaltiming eindigt, *Dark Time*-timing begint

4 - Aux IN wordt LAAG (logisch 0)

De timing van de donkere tijd eindigt

Aux IN en Chain IN in de verschillende functies

Front Time en Speed: Aux IN is op zichzelf niet relevant voor het meten van fronttijd, maar kan worden gebruikt in enkele van de gerelateerde secundaire functies. (De bovenste display zal dan een "-" tonen.)

Dark Time: Deze functie meet de tijd dat Aux IN op logisch niveau 1 is.

Period en Pendulum Period: de Aux-ingang kan worden gebruikt als signaalbron in plaats van X-lichtstraal. (Zodra de timing werd gestart door lichtstraal X of Aux IN, wordt de andere signaalbron uitgeschakeld.)

Interval Before: Intervaltiming begint wanneer Chain IN van niveau verandert naar logisch 1.

Interval After: Als de intervaltimer loopt, stopt deze wanneer Chain IN van niveau verandert naar logisch 1.

Input bescherming

Zoals vermeld werken SpeedGate-ingangen met spanningsniveaus 0 V en 5 V. Negatieve spanningen en spanningen groter dan 5 V kunnen de SpeedGate kapot maken. Apparatuur die werkt met hogere spanningen - zoals bijv. 198510 Schakelkast - moet worden aangesloten via een 198512 signaalbegrenzer die beschermt tegen alle spanningen van -24 V tot +24 V.

De signaalbegrenzer heeft een modulaire aansluiting voor de aansluiting op de SpeedGate en normale veiligheidsbussen voor de externe signaalbron.

Foutmeldingen

Als een functie een bepaalde reeks signalen nodig heeft, kan het voorkomen dat een signaal te vroeg aankomt, ook al maakt het daadwerkelijk deel uit van de betreffende meting. Als hulpmiddel bij het oplossen van problemen wordt dit kort aangegeven met de tekst "Not yet started". Dit zal bijvoorbeeld gebeuren in de functie *Front Time + Interval Before* als een van de lichtstralen wordt geblokkeerd voordat het Chain IN-signaal arriveert.

Wanneer een meting wordt gestart (en uiteindelijk wordt afgerond) en je wisselt naar een andere secundaire functie die niet compatibel is met de originele, kan een andere foutmelding verschijnen: Als er een signaal binnenkomt dat in principe de timer in de nieuwe functie zou kunnen starten, wordt de tekst "Reset to start" kort weergegeven. De incompatibele functie wordt, zoals eerder vermeld, weergegeven met een lichtblauwe kleur in plaats van een witte kleur.

Batterij indicator

Als SpeedGate is ingeschakeld, wordt de batterijstatus kort weergegeven. Mocht de accuspanning tijdens gebruik onder een bepaald niveau komen, dan verschijnt de tekst "Low battery!" ("Batterij bijna leeg!") helemaal bovenaan weergegeven in kleine rode letters.

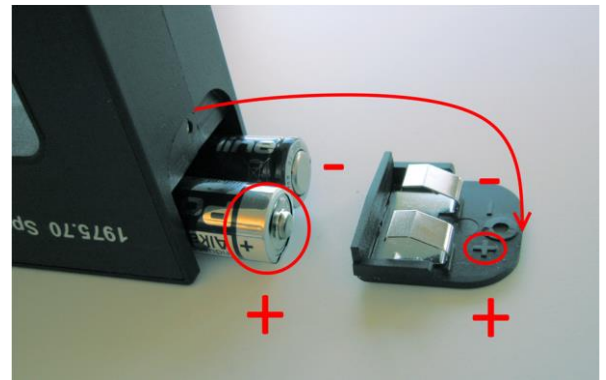
Merk op dat SpeedGate zonder problemen kan worden gevoed via de USB-connector - zelfs met een waarschuwing dat de batterij bijna leeg is.

Belangrijk: Om ervoor te zorgen dat de batterijen niet leeg raken, wordt aanbevolen om ze volledig te verwijderen wanneer het apparaat wordt gevoed via de USB-connector.

Batterijen plaatsen

Gebruik zes identieke, nieuwe alkaline AA-batterijen. De polariteit is aangegeven aan de binnenkant van het deksel van het batterij-vak. Pas op dat u deze niet ondersteboven draait.

De batterijen worden paarsgewijs op hun plaats geschoven.



Beschermfolie op display

Het display wordt geleverd met een vel doorzichtige, blauwe plastic folie. Deze folie dient vóór gebruik te worden verwijderd. De rand is gemakkelijk met een vingernagel los te trekken.

Toepassingen

Hier worden de experimentele opstellingen alleen geschetst. Gedetailleerde experimentbeschrijvingen (Engels) voor de volledige experimenten hieronder zijn te vinden op

<https://www.eurofysica.nl/experimenten/losse-experimenten>

Één SpeedGate - complete experimenten

Uniforme cirkelvormige beweging

Primaire functie: *Periode (X)*

Secundaire functie: *Mean Period*

De gemiddelde waarde wordt voor veel oscillaties gevonden. Reset (⊗) na elke snelheidsverandering.

135710 Circular motion with conical pendulum

135730 Conical pendulum – measuring g

Wiskundige slinger

Primaire functie: *Pendulum Period (X)*

Secundaire functie: *Mean Pendulum Period*

De slinger moet volledig door de lichtstraal heen slingeren.

135110 Mathematical pendulum with SpeedGate

Fysiske slinger etc.

Primaire functie: *Period (X)*

Secundaire functie: *Mean Period*

Kleine oscillaties - SpeedGate wordt aan één kant van de slinger geplaatst die eenmaal per oscillatie in en uit de lichtstraal zwaait.

135610 Physical pendulum

135630 The Bessel pendulum

Geluidsnelheid

Primaire functie: *Front Time*

Secundaire functie: *Interval After*

De SpeedGates worden gebruikt als een elektronische stopwatch. (De lichtstralen worden niet gebruikt.)

131415 Speed of sound in air with SpeedGate

Één SpeedGate – Experiment suggesties

Vrije val

Primaire functie: *Front Time*

Secundaire functie: *Interval After*

Wederom een applicatie waarbij de SpeedGate alleen als elektronische stopwatch wordt gebruikt.

Extra benodigdheden:

[198010](#) Vrije val toestel

[197572](#) Kabel, 4 mm pluggen naar modulair (2 stuks)

Behoud van mechanische energie in het zwaartekrachtsveld (met een gewicht in een draad)

Primaire functie: *Speed*

Secundaire functie: *(Previous Value)*

Het gewicht slingert in de draad. De potentiële energie op de uiterste positie wordt bepaald door hoe hoog het zwaartepunt van het gewicht is verhoogd. De kinetische energie op de onderste positie wordt berekend uit de snelheid.

(Zie experiment 134570 “Conservation of Energy in the Gravitational Field” waarbij een Practicum Timer 200280 wordt gebruikt i.p.v. een Speedgate.)

Extra benodigdheden:

272502 Soortelijke warmte cilinder, Al, 100 g

Draad, linaal, statiefmateriaal

SpeedGate als Geigerteller

Primaire functie: *Period (X)*

Secundaire functie: *Mean Frequency*

De GM-sensor maakt verbinding met Aux IN en de meting begint onmiddellijk. De gemiddelde

telsnelheid wordt weergegeven. Reset het gemiddelde met **X**.

Extra benodigdheden:

513575 GM-sensor met ingebouwde hoogspanning en audiosignaal

(De Netwerkkabel ethernet 197571 vervangt de aansluitkabel van de sensor)

Twee SpeedGates - complete experimenten

Tweede wet van Newton

Primaire functie: *Speed*

Sec functie Gate 1: *Previous Value*

Sec functie Gate 2: *Interval Before*

Constance verstelling – Een gewichtje trekt aan een karretje (via een draad en katrol) op een luchtkussenbaan.

134710 Newton's second law

Behoud van impuls bij botsingen

Primaire functie: *Speed*

Secundaire functie: *Previous Value*

Klassiek experiment met twee karretjes op een luchtkussenbaan. Verschillende accessoires maken de behandeling van zowel elastische als niet-elastische botsingen mogelijk.

134720 Collisions on an air track

Twee SpeedGates – Experiment suggesties

Beweging met constante versnelling

Primaire functie: *Speed*

Sec functie Gate 1: *Front Time*

Sec functie Gate 2: *Interval Before*

Het ene uiteinde van de luchtkussenbaan is een paar millimeter verhoogd. Een karretje op de baan zal gelijkmatig versnellen.

Extra benodigdheden:

195050 Luchtkussenbaan compleet

197070 Luchtblazer voor luchtkussenbaan

Statiefmateriaal

Meerdere SpeedGates - compleet experiment

Constate versnelling – Luchtkussenbaan met elektrische lanceerinrichting

Primaire functie: *Speed*

Secundaire functie: *Interval Before*

Het ene uiteinde van de luchtkussenbaan is een beetje verhoogd. Een karretje op de baan versnelt gelijkmatig. De elektrische lanceerinrichting stuurt een startsignaal naar de eerste SpeedGate.

134640 Galileo's incline

Meerdere SpeedGates – Experiment suggestie

Vrije val – meerdere SpeedGates

Deze opstelling is een variatie op het eerder genoemde vrije val experiment, behalve dat het startmechanisme uit 198010 met een kabel 197572 is verbonden met de eerste SpeedGate en de rest reageert op de lichtstraal. Alle SpeedGates gebruiken de secundaire functie *Interval Before*.

Extra benodigdheden:

[198010](#) Vrije val toestel

[197572](#) Kabel, 4 mm pluggen naar modulair (2 stuks)

(De bodemplaat van 198010 wordt niet gebruikt.)

Specificaties SpeedGate

Bereik en precisie

Tijd:	0,001 ms - 999999 s
Relatieve precisie:	0.00025%
Snelheid	0,01 mm/s – 999,99 m/s
Relatieve precisie:	≈ 1%
Frequentie:	0,01 Hz - 999,999 kHz
Relatieve precisie:	0.00025%
Tellers:	0 - 999999999 (= 10^9-1)

Afmetingen

B x D x H:	176 x 34 x 114 mm
Bevestigingsstang:	Ø 10 x 140 mm
Tussenruimte (B x H):	95 x 85 mm
Positie lichtstralen:	10 mm boven onderkant

Scherm

Afmetingen:	36,7 x 48,9 mm (240 x 320 pixels)
Type:	TFT-puntmatrix, kleur, met achtergrondverlichting

Stroomvoorziening

Batterijen:	6 stuks 1,5V "AA"
Levensduur batterij:	Ca. 7,5 uur
Kan gevoed worden via mini-USB-stekker (verwijder de batterijen). Stroomverbruik: 300 mA	

Externe signalen

De drie connectoren gebruiken signalen in het bereik van 0 tot 5 V – behalve Enable In, dat tot 8 V toereert. Alle ingangen interpreteren spanning onder 0,8 V als LAAG en spanningen boven 2,0 V als HOOG.

Chain IN and AUX IN		Chain OUT	
Pin	Function	Pin	Function
1	n.c.	1	Master Reset Out
2	n.c.	2	Enable In
3	Ground	3	Chain Out
4	Signal In	4	Ground
5	+5 V Power Out	5	n.c.
6	Master Reset In	6	n.c.

Zwevende ingangen gedragen zich als volgt:



Signal In: HOOG
Mater Reset In: LAAG
Enable In: LAAG

De uitgangen Master Reset Out en Chain Out worden bestuurd door het niveau bij Enable In:

Enable In	Master Reset Out	Chain Out
LAAG of zwevend	LAAG	LAAG
HOOG	Enabled	Enabled

De bijgeleverde kabel

De meegeleverde kabel nr. 197571 is de **gekruste** soort. De gebruikte stekkers zijn van het Type RJ12 en hebben een pennummering zoals hieronder weergegeven. De kabel is aangesloten zoals afgebeeld:

Connector 1	Connector 2
	
Colour sequence →	Colour sequence ←
1	6
2	5
3	4
4	3
5	2
6	1

Er bestaan soortgelijke kabels die **recht** zijn bedraad (1-1, 2-2, enz. in plaats van 1-6, 2-5 enz.). Dergelijke kabels mogen niet worden gebruikt met de SpeedGate.