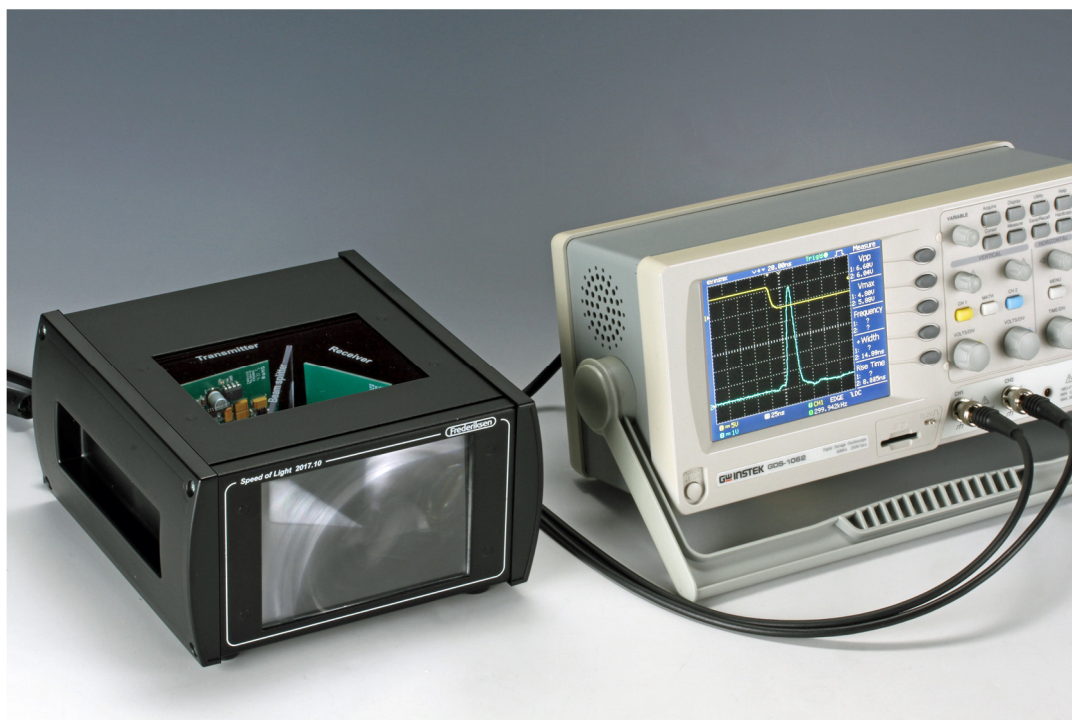


Eksperiment nummer	133890	Emne	Lys; kinematik; fundamentale konstanter		
Version	2017-08-25 / HS	Type	Elevøvelse	Foreslås til	gymAB p. 1/4



Opstilling med et lidt ældre digitaloscilloskop. Reflektorpladen er placeret udenfor billedet.

Formål

Måling af lysets hastighed i atmosfærisk luft.

Princip

Vi måler flyvetid og tilbagelagt strækning for lys – hvorved hastigheden umiddelbart kan beregnes.

Der anvendes et apparat, som udsender meget kortvarige lysglimt. Lyset rammer en reflektor og returnerer til apparatet, hvor en sensor omsætter lysglimt til en elektrisk impuls. Ved hjælp af et oscilloskop måles, hvor meget lysglimt forsinkes ved at flyve frem og tilbage.

Apparatur

(Detaljeret apparaturliste på s. 4)

201710 Lysets hastighed

Apparatet leveres komplet med netadapter, kabler og reflektor.

Digitaloscilloskop, f.eks. 400150
– eller et PC-oscilloskop som f.eks. 400100

(Et analogt oscilloskop kan muligvis anvendes – en vejledning kan downloades fra hjemmesiden. Søg under varenummer 201710.)

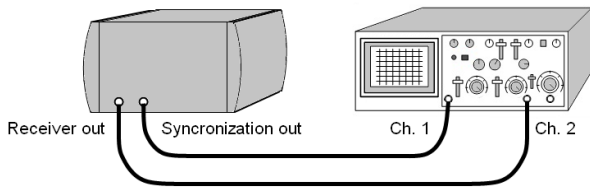
Re(tro)flektoren

Det, som her i vejledningen for nemheds skyld kaldes en "reflektor", har en overflade, som udviser *retrorefleksion*. Dvs. at den sender lyset tilbage i samme retning, som det kom fra. Dette gør det meget lettere at styre lysstrålen tilbage til apparatet, end hvis der f.eks. bruges et spejl.



Klargøring af oscilloskopet

Tilslut oscilloskopet til apparatet ved hjælp af de medfølgende 50 Ω coaxialkabler som vist nedenfor. Placer reflektoren umiddelbart foran linsen, mens oscilloskopet indstilles.



Følgende er en kortfattet beskrivelse af opsætningen af oscilloskopet – se *appendiks for en detaljeret gennemgang*.

Kanal 1: Følsomhed **2 V/div**.

Flyt 0-niveauet en til to tern opad på skærmen.

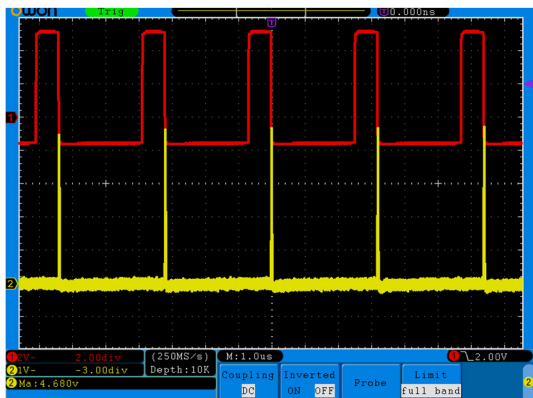
Kanal 2: Følsomhed **1 V/div**.

Flyt 0-niveauet tre til fire tern nedad på skærmen.

Trigger: Kilde = kanal 1, nedadgående flanke, trigger-niveau ca. **2 V**.

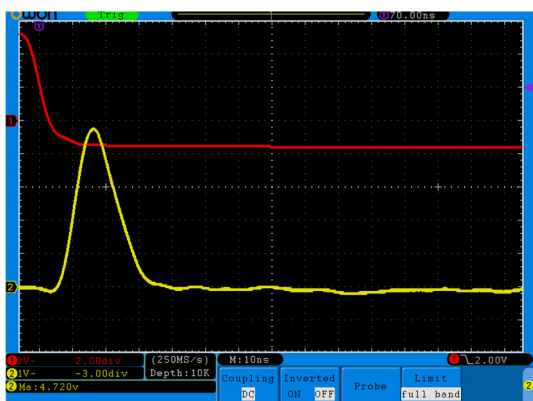
Time-base: $t=0$ centreret på skærmen, **1 μ s/div**.

Finjuster, indtil skærmen viser et stillestående billede af synkroniseringsimpulserne i kanal 1 – samt nogle skarpe "nåle" i kanal 2:



Herefter ændres time-base til **10 ns/div**.

Forskyd $t=0$ næsten helt ud i venstre side af skærmen. Resultatet bør ligne dette:



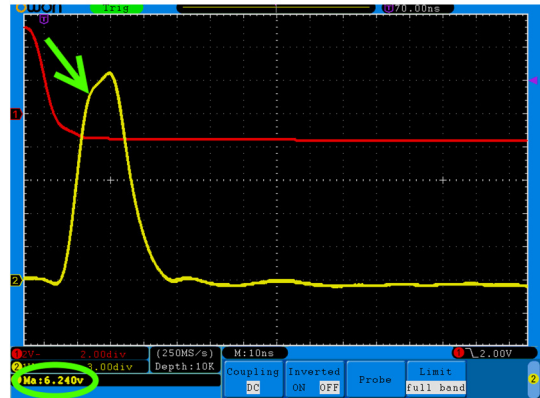
Sæt til sidst oscilloskopet til at danne **middelværdi** af f.eks. 8 eller 16 gennemløb.

Måleprocedure

Vi definerer ankomsten af lyspulsen til at være tiden, hvor pulsens opadgående flanke passerer 50 % af maksimalværdien. Det er derfor vigtigt, at maksimalværdien kan bestemmes nogenlunde korrekt.

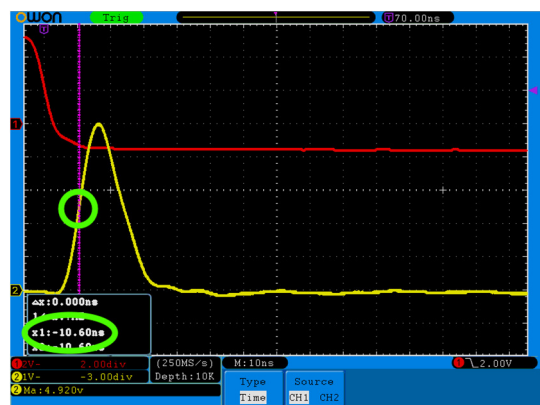
Det er muligt at reflektere så meget lys tilbage i modtageren, at kredsløbet går i mætning, dvs. skærer toppen af signalet. Dette undgås ved at holde toppen af impulsen under ca. 5 V.

Signalets styrke reguleres nemmest ved at tildække en del af reflektoren med f.eks. et stykke sort karton.



Billedet herover viser en impuls, som er forvrænget pga. et for kraftigt signal. (Maksimum målt til 6,24 V)

Først bestemmes tiden t_0 for afstanden $s = 0$ m: Med reflektoren umiddelbart op ad linsen og med intensiteten reguleret ned som omtalt, bestemmes positionen for den reflekterede impuls. Brug evt. oscilloskopets cursor-funktioner til dette.

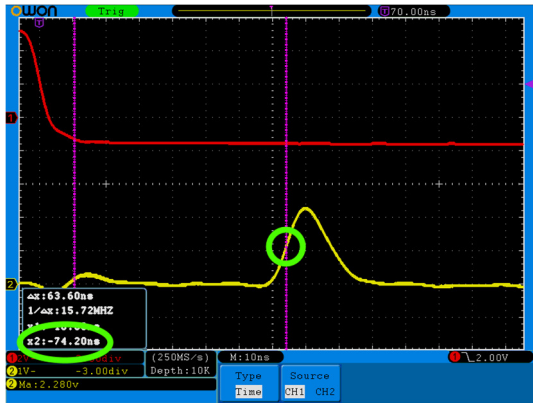


Herefter må oscilloskopets time-base ikke ændres!

Foretag nu en række målinger med reflektoren længere væk fra apparatet (op til 10 m). Man kan bedst se, om man rammer reflektoren, med øjet få centimeter over toppen af apparatet.

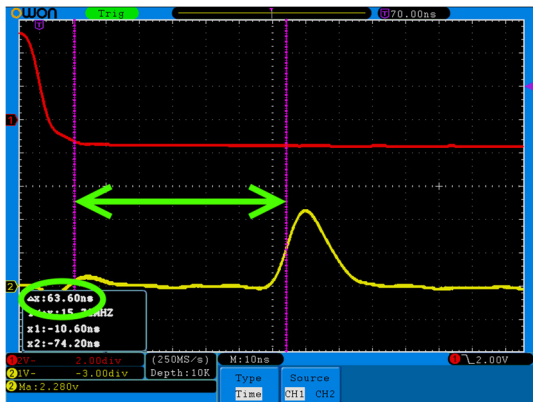
Mål hver gang afstanden L mellem apparatets forkant og reflektoren så præcist som muligt.

Juster evt. følsomheden på kanal 2, så pulsen får en passende størrelse.



Bruger man cursorfunktionerne, kan man direkte aflæse flyvetiden af lyspulsen som forskellen mellem de to ankomsttider.

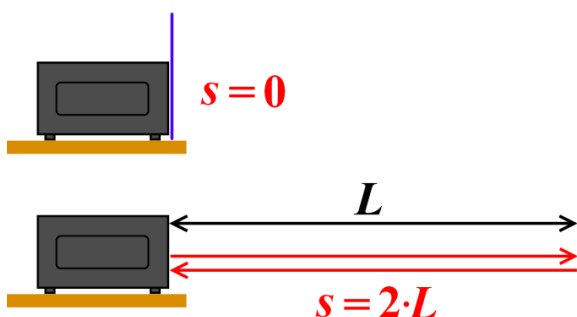
– Ellers må man aflæse positionerne omhyggeligt på skærmens skala.



Databehandling

Med mindre cursor-funktionerne allerede har klaret dette, skal alle tidsmålinger omregnes til lysglimtens **flyvetid** ved at fratække t_0 – herved kommer tiden 0 til at svare til afstanden 0.

Alle afstandsmålinger omregnes til **tilbagelagte strækninger** ved at gange dem med 2.



Den tilbagelagt strækning afbildes som funktion af flyvetiden. Ud fra grafen bestemmes lysets hastighed i atmosfærisk luft.

Luftens brydningsindeks ved stuetemperatur er ca. 1,00028. Hermed kan c (lysets hastighed i vakuum) bestemmes og sammenlignes med tabelværdien. (Angiv afvigelsen i procent.)

Diskussion og evaluering

Afvigelsen mellem den målte og den officielle værdi for c bør kunne forklares ud fra apparaturets måleusikkerhed.

Beregn den procentvise måleusikkerhed på en afstandsmåling på f.eks. 5 m.

Prøv tilsvarende at vurdere, hvor præcist flyvetiderne kunne bestemmes med oscilloskopet. Bestem f.eks. den procentvise usikkerhed på en tidsmåling på omkring 50 ns.

Hvor ligger de største usikkerheder?

Kan afvigelsen på værdien af c forklares med måleusikkerheder, eller er der andre væsentlige forhold, der må tages i betragtning?

Noter til læreren

Siden 1983 har en meter været defineret ud fra lysets hastighed i vakuum. Derved er lyshastigheden blevet en defineret konstant og følgelig ikke længere en målbar størrelse.

I denne vejledning anlægges et mere pragmatisk synspunkt: Vi måler afstande med et målebånd eller lignende og tilhørende tid vha. et oscilloskop. Disse to remedier definerer dermed implicit størrelserne "meter" og "sekund" i vores aktuelle målesituation. Herved kan lyshastigheden naturligvis bestemmes eksperimentelt ud fra måleresultaterne.

Benyttede begreber

Hastighed
Måletekniske termer i forbindelse med brug af oscilloskopet
Måleusikkerhed

Matematiske forudsætninger

Brøkgregning
Procentregning

Om apparaturet

Apparaturmanualen for 201710 forklarer den optiske opbygning af apparatet. Der gives bogstavelig talt indblik i opbygningen gennem et vindue i toppen af apparatet.

Vedr. oscilloskopet: Se apparaturlisten.

Detaljeret apparaturliste

Specifikt for eksperimentet

201710 Lysets hastighed

Oscilloskop

Vi anbefaler følgende to oscilloskoper; *deres betjening er gennemgået i detaljer i appendiks 1 og 2 til denne vejledning*:

400150 Digitaloscilloskop, 60 MHz
400100 PC-oscilloskop, 2 kanal, 60 MHz (USB)

Lige så anvendeligt – med stort set samme betjening:

400105 PC-oscilloskop, 4 kanal, 60 MHz (USB)

Følgende modeller **er udgået**, men kan ligeledes anvendes:

(400110 Oscilloskop, digitalt 25 MHz)
(400120 Oscilloskop, digitalt 50 MHz)

Vi har solgt mange af nedenstående analoge oscilloskoper (**nu udgået**). Ønsker man blot at illustrere princippet i målingerne, kan dette til nød anvendes. Vi har skrevet en separat vejledning til dette oscilloskop – søg på hjemmesiden under varenummer 201710.

(400040 Oscilloskop GOS 620)

Standard laboratorieudstyr

Målebånd, lang lineal eller lignende

Reklamerationsret

Der er to års reklamerationsret, regnet fra fakturadato. Reklamerationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.

Reklamerationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

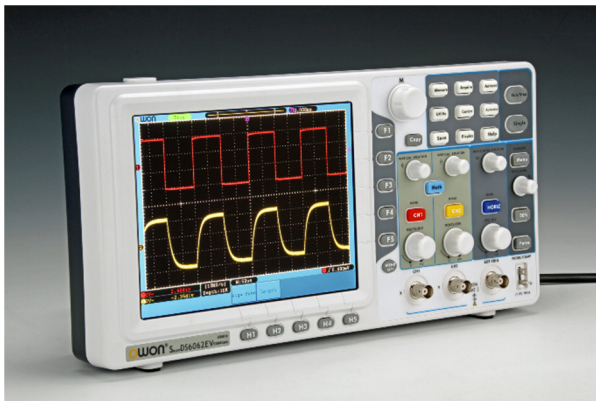
Returnering af defekt udstyr som garantireparation sker for kundens regning og risiko og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbeløbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt. Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© Frederiksen Scientific A/S

Denne brugsvejledning må kopieres til intern brug på den adresse

hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside.

Opsætning af oscilloskop 400150



400150 Oscilloskop, digitalt, 60 MHz – er et glimrende instrument til eksperimentet "Lysets hastighed".

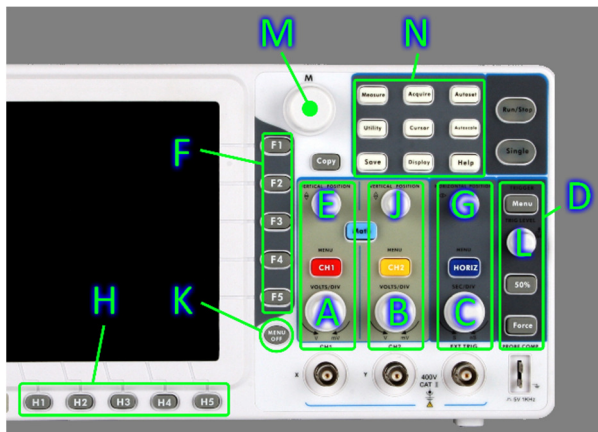
Nedenfor gennemgås skridt for skridt, hvordan oscilloskopet indstilles.

Knapperne grupperet

De to indgange styres af knapperne over dem. **A** vælger følsomhed for kanal 1, **E** forskyder kurven op og ned. Tilsvarende for kanal 2 – knapperne **B** og **J**.

Den næste gruppe knapper kontrollerer oscilloskopets time-base (tidsaksen). **C** vælger skalaen og **G** flytter nulpunktet for tiden frem og tilbage.

Knapperne i gruppe **D** er indstilling af oscilloskopets trigger. Triggeren fastlægger tidsaksens nulpunkt i forhold til de indkommende pulser. Triggerniveauet fastlægges af knappen **L**.



Knapperne **F** og **H** bruges til valg af punkter i menuer, som vises på skærmen. **M** er en drejeknap, som ligeledes anvendes til at vælge mellem muligheder, som vises på skærmen.

Knapperne i gruppen **N** er hovedfunktioner – disse leder oftest til menuer, som betjenes via **F** og **H**.

Knappen **K** fjerner eventuelle menuer fra skærmen.

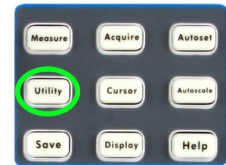
Opsætning – skridt for skridt

Sæt kablerne i indgangene som beskrevet i vejledningen, og tænd for "lysets hastighed"-apparatet og for oscilloskopet. Stil reflektoren lige foran linsen.

1 – Nulstilling til fabriksindstillingerne

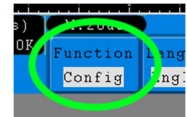
Gruppe **N**: Tryk på **Utility**.

(Herved åbner en række valgmuligheder for **H**-knapperne.)



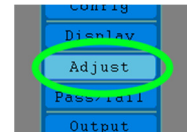
Gruppe **H**: Tryk på **H1** for **Function**.

(Dette åbner en menu i skærmens venstre side.)



Drej knap **M** til menupunktet **Adjust**.

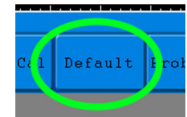
(Der åbnes en række nye valgmuligheder for **H**-knapperne.)



Gruppe **H**: Tryk på **H3** for **Default**.

Efter kort tid, hvor man kan høre klikkende lyde, er oscilloskopet ført tilbage til et veldefineret udgangspunkt.

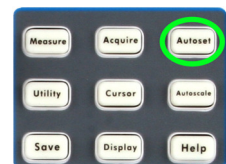
(Skærmen viser på dette tidspunkt blot en masse støj – kurverne er tværet ud over hele fladen.)



2 – Automatisk tilpasning

Gruppe **N**: Tryk på **Autoset**.

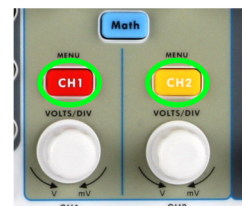
Skærbilledet begynder nu at ligne det, man kan se på side 2 i eksperimentvejledningen.



3 – Opsætning af indgange

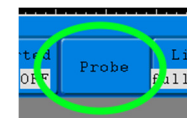
Tryk på den røde knap **CH1**.

(Dette åbner en række valgmuligheder for **H**-knapperne.)



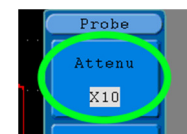
Gruppe **H**: Tryk på **H3** for **Probe**.

(Dette åbner en række valgmuligheder for **F**-knapperne.)



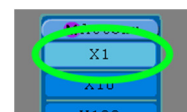
Gruppe **F**: Tryk på **F1** for **Attenuation**

(Dette åbner en menu i skærmens venstre side.)

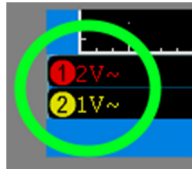


Drej knap **M** til menupunktet **X1**

Gentag denne procedure for kanal 2 (start med gul knap **CH2**).



Indstil følsomheden for kanal 1 og 2 på knapperne **A** og **B**. Indstillingen vises nederst, helt til venstre på skærmen.
 Sættes til "2V" hhv. "1V" – underforstået "pr. div".



4 – Opsætning af trigger

I gruppe **D** trykkes på knappen *Menu*.
 (Herved åbner en række valgmuligheder for **H**-knapperne.)

Tryk en gang på **H4** for at ændre *Slope* fra opadgående til nedadgående.

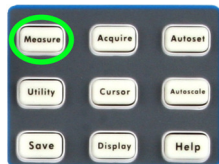


I gruppe **D** trykkes på knappen *50%*.

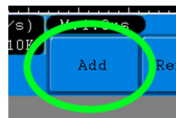


5 – Måling af signalniveau

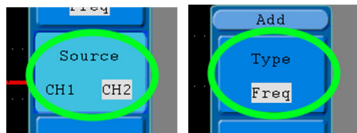
Gruppe **N**: Tryk på *Measure*.
 (Herved åbner en række valgmuligheder for **H**-knapperne.)



Gruppe **H**: Tryk på **H1** for *Add*.
 (Dette åbner en række valgmuligheder for **F**-knapperne.)



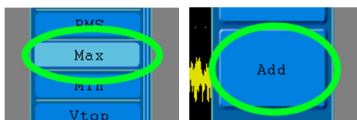
Gruppe **F**: Tryk en gang på **F2** for at måle på kanal 2.



Tryk **F1** for *Type*.

(Dette åbner en menu i skærmens venstre side.)

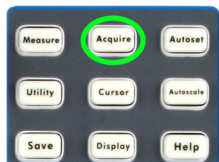
Drej knap **M** til menupunktet *Max* og afslut med **F4** for *Add*.



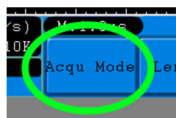
Max. signal ses nu nederst til venstre på skærmen.

6 – Middelværdi af målinger

Gruppe **N**: Tryk på *Acquire*.
 (Herved åbner en række valgmuligheder for **H**-knapperne.)



Gruppe **H**: Tryk på **H1**, *Acqu Mode*.
 (Dette åbner en række valgmuligheder for **F**-knapperne.)



Gruppe **F**: Tryk **F3** for *Average*.

(Dette åbner en menu i skærmens venstre side.)



Drej knap **M** til menupunktet *16*



Sluk for menuerne med knap **K**.

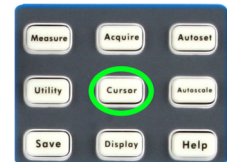
Nu er oscilloskopet klar til at indstille time-base til de ønskede 10 ns/div (knappen **C**) samt forskyde nulpunktet (knappen **G**) – som angivet på side 2 i vejledningen.

Brug af cursor-funktionen

Det kan være bekvemt at markere impulsernes position med to lodrette linjer på skærmen. Samtidigt beregner oscilloskopet automatisk afstanden mellem disse.

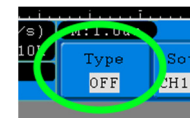
Gruppe **N**: Tryk på *Cursor*.

(Dette åbner en række valgmuligheder for **H**-knapperne.)



Gruppe **H**: Tryk på **H1** for *Type*.

(Dette åbner en række valgmuligheder for **F**-knapperne.)

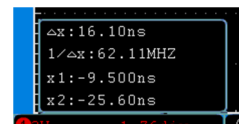


Gruppe **F**: Tryk på **F3** for *Time*.



Nu styres de to cursor-placeringer af knapperne **E** og **J**.

Positionen og afstanden mellem cursorne vises i en lille ramme på skærmen.



NB: Så længe *Cursor* er den sidst valgte hovedfunktion (knap i gruppe **N**), vil knapperne **E** og **J** styre cursorne.

Ønsker man at bruge knapperne til at forskyde kurverne lodret, trykkes f.eks. på *Measure*, hvorved deres normale funktion vender tilbage.

Tryk igen på *Cursor* for at styre cursorne – der skal ikke indstilles mere, når ovenstående én gang er valgt.

Afsluttende bemærkning

Oscilloskopet er et af de mest universelt anvendelige elektriske måleinstrumenter, der findes.

Indstillingerne afhænger helt af opgaven, og den opsætningsprocedure, som gennemgås ovenfor, er ikke anvendelig i alle mulige andre sammenhænge.

Opsætning af oscilloskop 400100

400100 PC-oscilloskop, 2 kanal, 60 MHz, USB – er et glimrende instrument til eksperimentet "Lysets hastighed".

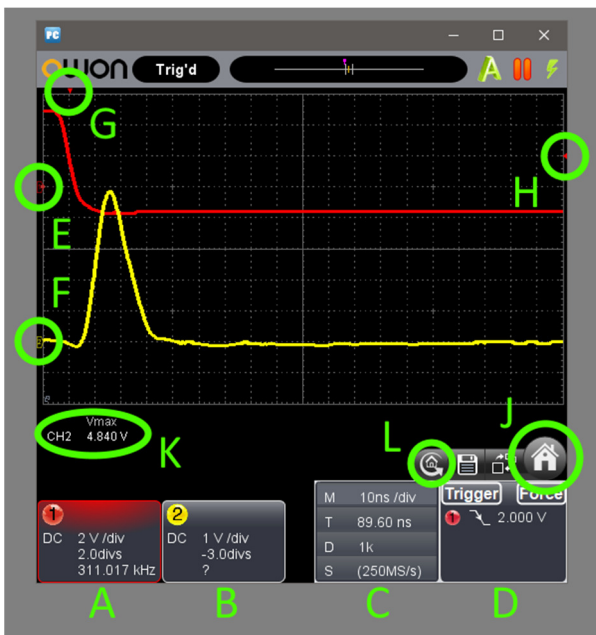
Nedenfor gennemgås skridt for skridt, hvordan oscilloskopet indstilles.

NB: Det antages, at software, herunder USB-driver, på forhånd er korrekt installeret.

Skærbilledet

Inden skridt-for-skridt gennemgangen beskrives opbygningen af skærbilledet.

De vigtigste detaljer er markeret på billedet herunder:



A og **B** viser indstillinger for kanal 1 og 2.

Man kan vælge følsomhed (x V/div) på en menu ved at klikke på teksten.

Linjen nedenunder følsomheden angiver, hvor meget kurverne er flyttet op eller ned på y-aksen. Det er nemmest at justere ved at trække med musen i den røde og gule trekant **E** hhv. **F**.

C er indstillinger for tidsaksen (time-base). Vi har primært brug for at ændre på tidsskalaen i øverste linje. Klik og vælg på menuen.

Vi får i øvelsen brug for at flytte nulpunktet for tidsaksen – det klares nemmest ved at trække med musen i trekanten **G**.

D er indstilling af oscilloskopets *trigger*. Triggeren fastlægger tidsaksens nulpunkt i forhold til de indkommende pulser.

Symbolet til venstre i felt **D** (startværdi **1**), indikerer triggerens *kilde* – lad den forblive på kanal 1.

Ved siden af vælges opadgående eller nedadgående *flanke* – klik for at skifte.

Triggerniveauet vælges nemmest ved at trække med musen i trekanten **H**.

Knappen **J** åbner en detaljeret menu med flere faneblade – vi ser på nogle af dem nedenfor.

Området **K** kan bruges til visning af diverse måleværdier (vi får behov for maksimalspændingen af kanal 2).

Knappen **L** bringer oscilloskopet tilbage til fabriksindstillingerne. Den bruges ikke så tit til dagligt.

Opsætning – skridt for skridt

Sæt kablerne i indgangene som beskrevet i vejledningen, og tænd for "lysets hastighed"-apparatet. Tilslut oscilloskopets USB-kabel til computeren og start programmet. Stil reflektoren lige foran linsen.

Begynd med at klikke på knappen **L** og bekræft, at du vil genskabe fabriksindstillingerne.

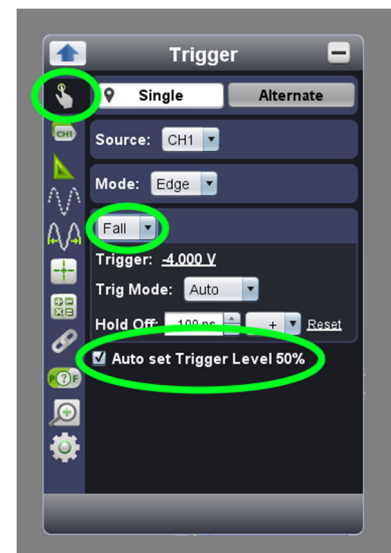
Nu dukker menuen frem – ellers klik på **J**.

Første faneblad, *Trigger*

De første tre linjer burde allerede være OK.

Sæt flanken til *Fall* (nedadgående).

Sæt hak i *Auto set Trigger Level 50 %*.



Andet faneblad, *Channel*

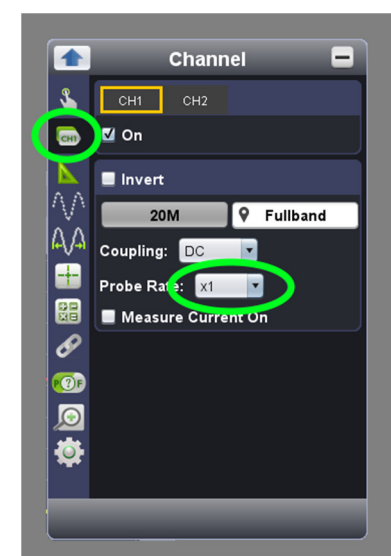
Indstil først kanal 1 (*CH1*)

Igen er de første tre linjer OK.

Vi kan både bruge *AC* og *DC* som valg for *Coupling*.

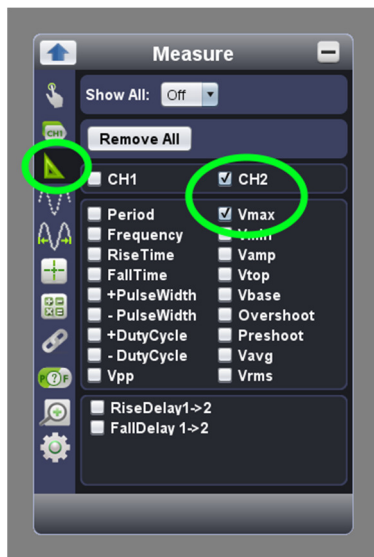
Probe Rate skal sættes til *x1*, da vi ikke benytter prober, men normale kabler.

Skift nu til *CH2* (i øverste linje) og gentag valgene.



Tredje faneblad, *Measure*

Her vælges blot at vise den maksimale spænding for kanal 2.



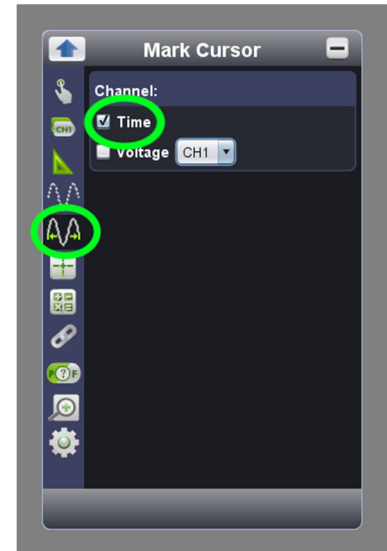
Brug af cursor-funktionen

Det kan være bekvemt at markere impulsernes position med to lodrette linjer på skærmen. Samtidigt beregner oscilloskopet automatisk afstanden mellem disse.

Cursoren aktiveres i menuens femte faneblad *Mark Cursor*.

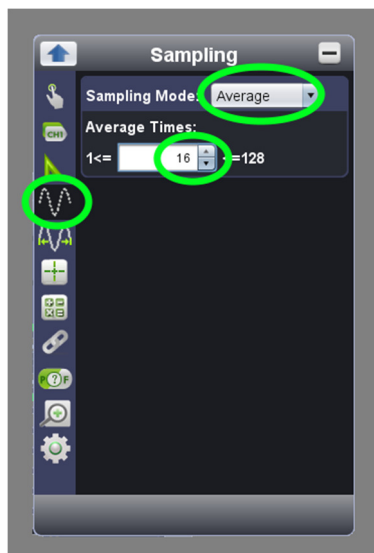
Sæt et hak i *Time*, og de lodrette hvide streger bliver synlige på skærmen.

De flyttes ved blot at trække i dem med musen.



Fjerde faneblad, *Sampling*

Skift til gennemsnits (*Average*) og vælg at midle over 8 til 16 målinger.

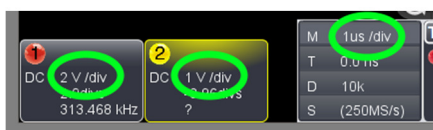


Hovedskærbilledet

Skift følsomhed for kanal 1, så der står 2 V/div i øverste linje i felt **A**.

Skift tilsvarende til 1 V/div for kanal 2 (felt **B**).

Skift tidsskala til $1\text{ }\mu\text{s/div}$ i felt **C**.



Herefter skulle skærbilledet gerne minde om det på side 2 i vejledningen.

Afsluttende bemærkning

Oscilloskopet er et af de mest universelt anvendelige elektriske måleinstrumenter, der findes.

Indstillingerne afhænger helt af opgaven, og den opsætningsprocedure, som gennemgås ovenfor, er ikke anvendelig i alle mulige andre sammenhænge.