

Ljusets hastighet i vakuum, c , är en grundläggande konstant inom fysiken. Faktum är att den är så grundläggande att den *definieras* i det internationella enhetssystemet. Längden 1 meter kan därför i princip betraktas som en härledd, uppmätt storhet. Ur pedagogisk synvinkel är det dock vettigt att bestämma ljushastigheten utifrån en uppmätt väglängd och motsvarande tid.

Tillsammans med ett oscilloskop kan man mäta hur lång tid det tar för en kort ljusblxt att färdas några meter. Experimentet kan alltså utföras i ett vanligt klassrum.

Ytterligare utrustning behövs

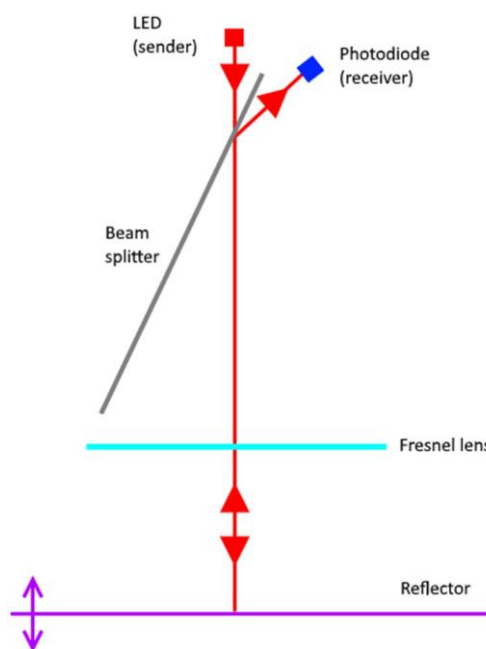
Denna enhet måste användas med ett oscilloskop. Vi rekommenderar ett digitalt oscilloskop, t.ex. vårt 400120.

Ett långsammare, analogt oscilloskop (som vårt 400040) kan användas i brist på bättre. En separat guide för användning av 400040 med denna utrustning finns på vår webbplats (sök efter 201710).

Princip

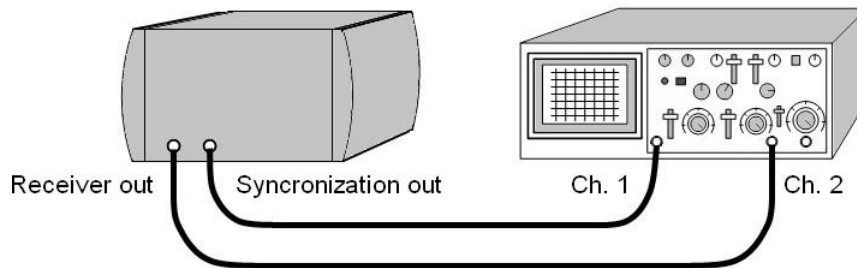
En LED avger mycket korta (10-15 ns) blinkningar med en repetitionsfrekvens på cirka 300 kHz. En Fresnel-lins samlar ljuset till en någorlunda fokuserad stråle. Ljuspulsen träffar en reflektor som skickar tillbaka blixten direkt. Fresnel-linsen

fokuserar nu ljuset mot en fotodiod som omvandlar blixten till en elektrisk signal. Eftersom både lysdioden och fotodioden måste placeras i fokuspunkten, sätts en stråldelare in så att fotodioden kan flyttas till fokuspunktens spegelbild (se bild).



Den elektroniska krets som skapar blixterna sänder också en elektrisk synkroniseringssignal i form av en skarp, negativ lutning som är lämplig för att trigga ett oscilloskop. (På ett långsamt oscilloskop används istället en positiv lutning. Denna inträffar ca 0,75 μ s före den negativa).

Signalen från fotodioden får en viss fördröjning när den passerar genom ett antal förstärkarsteg. Denna fördröjning är **konstant** så genom att jämföra ankomsttiderna för två blixter som reflekteras omedelbart framför objektivet respektive några meter bort kan man bestämma den tid som blixten använder på sin resa framåt och bakåt.



Utföra mätningarna

Boxen drivs med den medföljande 12 V-adaptorn. Även om de enskilda blixterna är ganska intensiva är den genomsnittliga effekten av det utsända ljuset så låg att det inte på något sätt är farligt för ögonen.

Koppla in oscilloskopet enligt bilden med hjälp av de medföljande 50 Ω koaxialkablarna. Placera reflektorn omedelbart framför linsen medan du justerar oscilloskopet.

För en snabb demonstration kan den råa insignalen användas. För en mer exakt mätning rekommenderas att låta det digitala oscilloskopet visa ett medelvärde av flera pulser. För bilderna i den här handboken har 32 mätningar beräknats som medelvärde.

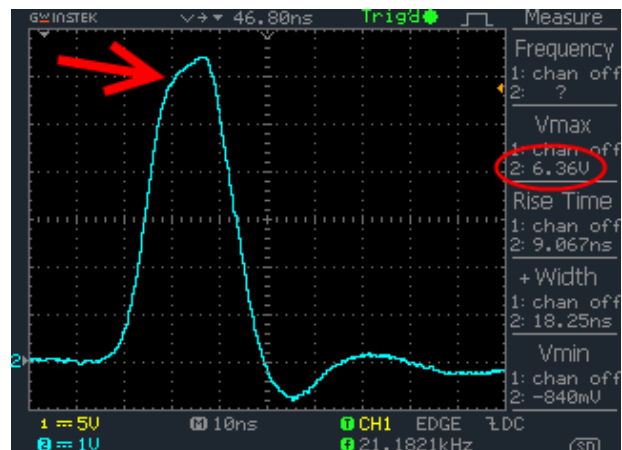
Följande uppsättning parametrar är en rimlig utgångspunkt för experimenten:

Tidsaxel: 10 till 25 ns/division
 Kap. 1 (Synk.): 5 V/division
 Ch. 2 (Rec.): 0,5 till 1V/division
 Trigger källa: Ch 1
 Trigger type: Edge, negativ lutning

Justering av triggernivån görs kanske enklast genom att försöka få fram en stillastående bild av synkroniseringssignalen med tidsaxeln inställd på 0,5 μs/division. När det lyckas kan tidskalan justeras som önskat.

Det är möjligt att reflektera så mycket ljus tillbaka till mottagaren att kretsen mätts, d.v.s. att toppen av signalen skärs av. Utrustningen skadas inte av detta, men exakta mätningar kräver att mottagaren arbetar med pulser utan distorsion.

Detta säkerställs genom att toppspänningen hålls under 5 V (4,5 V för ett 20 MHz-oscilloskop) - antingen på y-axeln eller genom att direkt läsa av de värden som ges av oscilloskopets mätfunktioner.



Bilden ovan visar en förvrängd puls som orsakas av för hög amplitud.

Signalstyrkan justeras lättast genom att delvis täcka över reflektorn, t.ex. med en bit svart kartong.

Pulsens position på tidsaxeln definieras som den tidpunkt då pulsens positiva flank passerar **halva toppvärdet**.

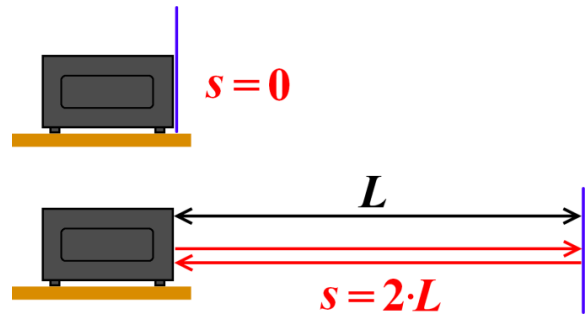
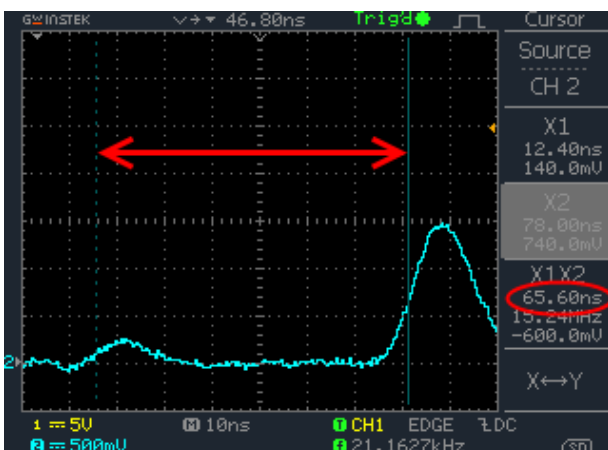
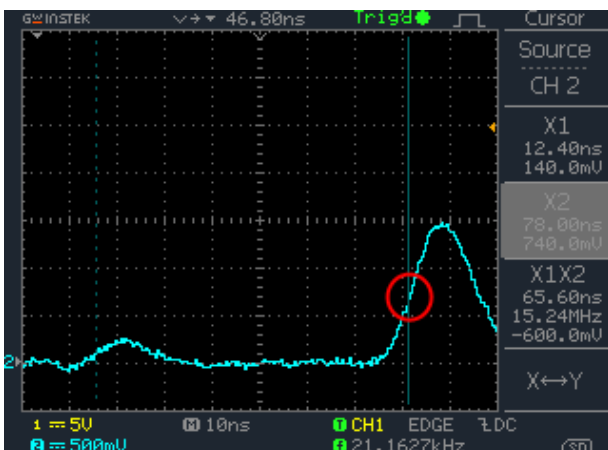
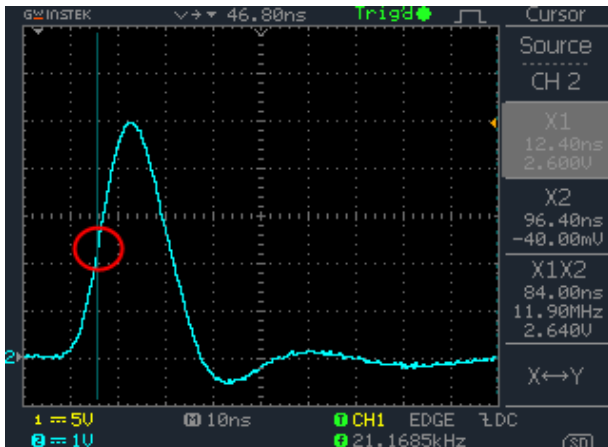
På ett analogt oscilloskop måste denna tid läsas av från tidsaxeln. Ett digitalt oscilloskop har vanligtvis en markörfunktion som hjälper till med detta.

Först bestäms tiden t_0 som motsvarar avståndet $s = 0$ m. Med reflektorn omedelbart framför linsen och med intensiteten justerad enligt ovan, bestäms den reflekterade pulsens position. Från och med nu får tidsaxeln inte ändras.

Ljusets hastighet - 201710

Nu görs en eller flera mätningar med reflektorn längre bort från lådan (upp till 10 m). Det bästa sättet att avgöra om du träffat reflektorn är att ha ögat några centimeter över lådans ovansida.

Mät avståndet L mellan lådans framsida och reflektorn så exakt som möjligt.



Bestäm ankomsttiderna för de reflekterade blixterna för varje position.

Varje tidsmätning måste nu omvandlas till blixstens **flygtid** genom att subtrahera t_0 - så att tiden 0 motsvarar avståndet 0. Återigen kan markörverktyget göra ditt liv enklare, vilket framgår av skärmbilderna till vänster.

Databehandling

Varje avståndsmätning omvandlas till **tillryggalagd sträcka** genom att multiplicera med 2,

Rita upp den tillryggalagda sträckan som en funktion av flygtiden och bestäm ljusets hastighet i atmosfärisk luft med hjälp av diagrammet.

Brytningsindex för luft vid rumstemperatur är ca 1,00028. Därmed kan c (ljusets hastighet i vakuum) beräknas och jämföras med tabellvärdet.

Uppskatta storleken på den experimentella osäkerheten för det uppmätta värdet av ljusets hastighet och överväga om det är relevant i detta sammanhang att skilja mellan hastigheterna i luft och i vakuum.