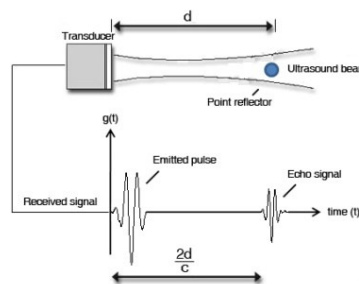


Förberedelseuppgifterna kommer att gå igenom i början på laborationen. Varje person kommer att få presentera svaret på en fråga för gruppen.

Sista frågan handlar om Fouriertransformering, vilket ni ännu inte har läst. Gör trots detta ett försök att svara på sista frågan. Vi begär inte på något sätt att ni ska förstå den matematiskt, bara när den kan vara bra att användas.

Förberedelseuppgifter

För tillämpningar inom medicinskt ultraljud och ultraljud för materialprovning baseras de flesta på pulsekometoden. Pulsekometoden är den metod som exempelvis delfiner och fladdermöss använder för att beräkna avstånd. Den bygger på att en ljudpuls som sänds in i ett medium med hjälp av en piezoelektrisk givare kommer att delvis reflekteras i övergången mellan två medier. Det reflekterade ekot kan registreras av givaren och genom att mäta tiden mellan utsänt och reflekterat ljud fås ett mått på avståndet mellan reflektor och givare. Tiden (t) förhåller sig till avståndet (d) och ljudhastigheten (c) enligt nedanstående ekvation:



Figur 1. Principen för pulsekometoden.

1. Låt oss säga att tiden mellan det utsända ultraljudet och ekosignalen är 0,30 ms. Hur stort är avståndet mellan transducer och point reflector? Vi antar att ljudhastigheten är 1500 m/s.
2. Vad beskriver den akustiska impedansen och hur räknas den ut?
3. Vad beskriver följande ekvationer:

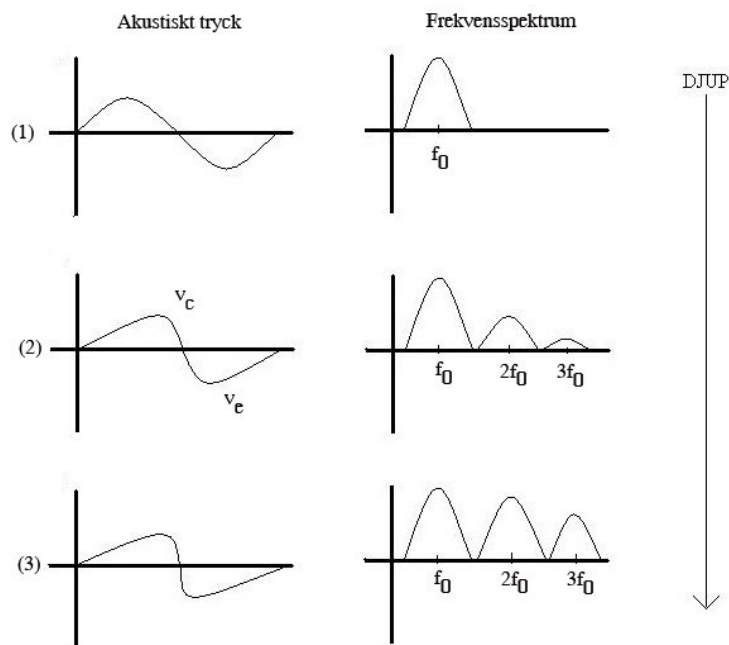
$$R_I = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

$$R_P = \frac{(Z_2 - Z_1)}{(Z_2 + Z_1)}$$

4. När är $R_p > 0$ och när är $R_p < 0$?
5. Rita och beskriv hur multipla ekon uppkommer.

6. Definiera lateral och axiella upplösning. Hur görs den laterala och axiella upplösningen så bra som möjligt?

Harmonic imaging har förbättrat bildkvaliteten på ultraljudsbilder. Med harmonic imaging utnyttjas att övertoner bildas när ultraljudet propagerar i vävnad. Ultraljudsmaskinen sänder alltså ut med en grundfrekvens (t ex 2,5 MHz – f_0) medan mottagning sker på dubbla frekvensen (5 MHz – $2f_0$). I figur 2 visas hur övertoner uppkommer när ultraljudet går djupare in i ett material. (1) visar det akustiska trycket för den utsända sinuspulsen med dess tillhörande frekvensspektrum. Kompression (sammantryckning) motsvaras av positivt tryck och expansion (särdragning) av negativt tryck. När ultraljudet breder ut sig i ett material kommer positiva tryck (kompression) att få en högre hastighet än negativa tryck ($v_c > v_e$), vilket gör att sinusvågen (1) går mot en trekantsvåg (3) efter en tillräckligt lång sträcka. Har ultraljudet en större amplitud kommer fler övertoner att bildas eftersom en större amplitud $\Rightarrow$ större tryckskillnad mellan kompression och expansion $\Rightarrow$ större hastighetsskillnad mellan v_c och v_e $\Rightarrow$ mer "trekantig" våg $\Rightarrow$ fler övertoner.



Figur 2. Uppkomsten av övertoner.

7. I artikeln "Clinical use of ultrasound tissue harmonic imaging" nämns flera fördelar med harmonic imaging. Ge några exempel på detta.
8. Sök på nätet om Fouriertransformen och försök bilda dig en uppfattning om dess användningsområde. Vad vill undersökas när ultraljudets ekosignal Fouriertransformeras och varför skulle det vara intressant (Ledning: se fråga 7)?

Laboratory instructions

Ultrasound physics

Name: _____

Passed: _____

Aims of this lab

During this laboratory work you are to learn how a simple pulse echo system works. You should have learned how to identify and interpret the echo signal. Furthermore you are to determine the speed of sound and the acoustic impedance of different materials.

To pass the lab you need to actively participate during the lab work, successfully complete all the assignments and answer to the questions asked. At the end of the lab work the lab supervisors will check if the above mentioned requirements have been fulfilled.

Material and Method

The materials that shall be used during the lab work are:

- Oscilloscope
- Panametrics Pulser/Receiver 5072PR
- Ultrasound transducer, single element
- PVC targets
- Acrylic targets
- Rubber target
- Metallic bar
- Water tank

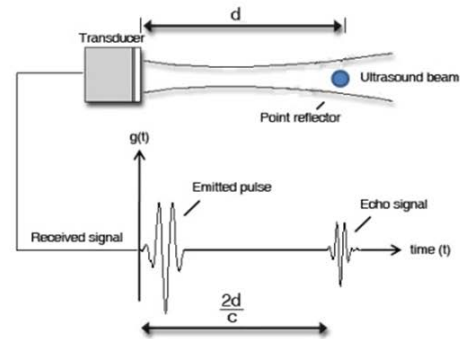
Follow the instructions below and show your answers for the lab supervisor before you disconnect your lab setup.

Lab Assignment 1 – Getting Started

Connect the transducer to the pulse receiver followed by connecting the pulse receiver to the oscilloscope. You should see the echo signal on channel 2.

Play around with the different targets and look at the echo signals. Try to identify the origin of each echo.

Labben går ut på att bygga ett enkelt ultraljudssystem med en enkel transducer med ett element som är kopplad till en pulsgenerator (som aktiverar piezoelektriska plattan). Transducern är nedsänkt i ett vattenbad där man placerar olika objekt (akryl, PVC, gummi, aluminium) och tittar på ekot från dessa objekt på ett oscilloskop.



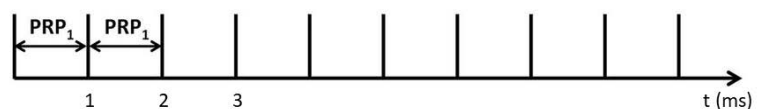
Change the angle of the transducer, distance between target and sender, and the pulse amplitude (energy). What difference do you observe in the echoes? Why does this occur?

När vinkeln ändras kommer ekot minska kraftigt eller försvinna. Ljudets infallsvinkel samma som utfallsvinkeln, vilket gör att om infallsvinkeln inte är 90 grader kommer ljudet att spridas åt sidorna och inte fångas upp av transducern, som i det här fallet är endast ca 1 cm bred.

När avståndet mellan objektet och transducern ändras kommer ekot på oscilloskopet att flyttas.

Calculate the Pulse Repetition Frequency (PRF) from the oscilloscope display and see if it agrees with the PRF of the pulse generator.

Pulsgeneratorns PRF kan exempelvis vara inställd på 1kHz. Oscilloskop-vyn kan då likna den ni ser nedan i figuren, dvs 1 ms mellan varje excitation av transducern, vilket motsvarar en PRF på 1 kHz. Varje spik i kurvan nedan motsvarar en excitation av transducern.



Increase the PRF and observe what happens. Try to identify a problem that can be associated with a high PRF.

~~Pulserna kommer tätare på oscilloskopet. Om PRFen ökas för mycket så att man inte hinner lyssna på alla signaler innan man skickar ut nästa ultraljudspuls kommer det att uppstå spökekon. Ett spökeko är ett eko som har producerats av en tidigare utskickad puls, dvs inte den senast utskickade. Det kan då se ut som ett objekt befinner sig nära transducern, även fast det inte gör det.~~

Lab Assignment 2 – Speed of Sound and Acoustic Impedance

Determine the velocity of sound in water and in the acrylic target. Explain your procedure.

~~Genom att mäta tiden det tar för ultraljudet att färdas fram och tillbaka till godtyckligt objekt (i vatten) som finns på känt avstånd från transducern kan vi bestämma ljudhastigheten i vattnen. Vi har tiden och sträckan och kan räkna ut hastigheten.~~

~~På samma sätt gör man för akryl, men nu måste vi mäta tiden mellan ekona från två ytor där ljudet färdas genom akryl mellan dessa ytor. Sträckan är då tjockleken på materialet.~~

Water: ca 1500 m/s

Acrylic target: ca 2730 m/s

Determine the acoustic impedance of water and of the acrylic target. Explain your procedure.

~~Använd $Z=\rho c$, där c är ljudhastigheten vi precis räknade ut och ρ densiteten. Slå upp densiteten för vatten och akryl.~~

Water: 1500000 Kg/m²s

Acrylic target: 3250000 Kg/m²s

Lab Assignment 3 – Axial and Lateral Resolution

The resolution of an image describes its capacity to distinguish small objects from each other. A high resolution makes small structures distinguishable. Axial and lateral resolution are two different types of spatial resolution in an ultrasound image. Define axial and lateral directions in a simple sketch below.

Se föreläsningsslides eller boken.

What factors influence the axial and the lateral resolution and how can they be improved?

Se föreläsningsslides eller boken

Use the acrylic staircase to determine the axial resolution. Explain your procedure.

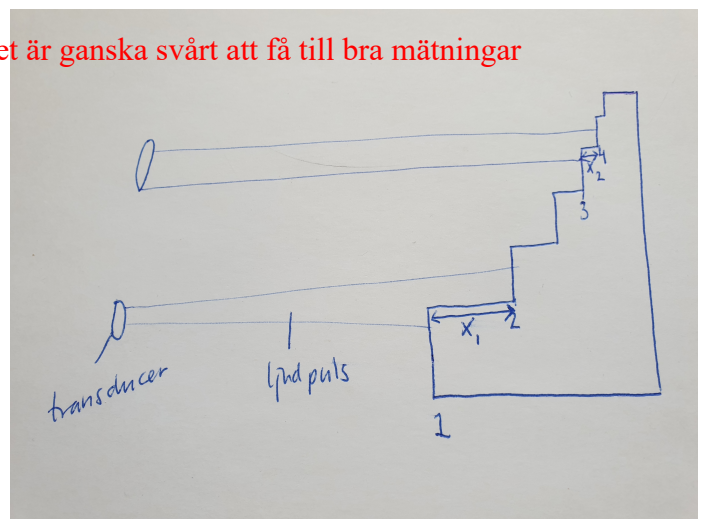
Undersök om två ekon fås tillbaka då transducern placeras framför yta 1 och 2 samtidigt. Om två ekon ses betyder det att den axiella upplösningen är bättre (mindre) än x_1 . Flytta sedan transducern uppåt till att få ekon från andra strukturer. Om vi fortfarande får två ekon när pulsen träffar yta 3 och 4 är axiella upplösningen bättre än x_2 .

Här brukar man få väldigt varierande svar eftersom det är ganska svårt att få till bra mätningar

Axial resolution (distance 5 cm): 1 mm

Axial resolution (distance 20 cm): 1 mm

Viktigt! Axiell upplösning blir inte sämre med djupet



Determine the lateral resolution and explain how you performed the measurement.

Placera en metallstav framför transduerna mitt i strålen (dvs där ekot är starkast). Flytta staven sedan åt sidan för att se när intensiteten har minskat till hälften. Sträckan som staven har flyttats antas vara halva lateral upplösningen, enligt FWHM (full-width-at-half-maximum).

Lateral resolution (distance 5 cm): _____ mm Den laterala upplösningen
Lateral resolution (distance 20 cm): _____ mm blir sämre med ökat djup.

Lab Assignment 4 – Reflection Coefficient

The amplitude of the echo signal from a surface is determined by the reflection coefficient. Calculate the reflection coefficient for acrylic glass in water. Measure the amplitude of the echo signal reflected from the acrylic target, the rubber target, and the aluminium target. Is there a difference? Why?

Beräkna genom att använda formeln för reflektionskoefficienten som finns i boken eller föreläsningsslides.

Störst amplitud fås från aluminium, näst störst från akryl och lägst amplitud fås från gummi. De olika amplituderna är ett resultat av att skillnaden i akustisk impedans mellan vatten och objekten skiljer sig.

Estimate the amplitude reflection coefficient for rubber and aluminium in water based on the results in the previous question and explain your procedure.

Genom att jämföra amplituderna från aluminium och gummi med den från akryl kan man uppskatta deras reflektionskoefficienter då reflektionskoefficienten för akryl i vatten är känd från tidigare uppgift.

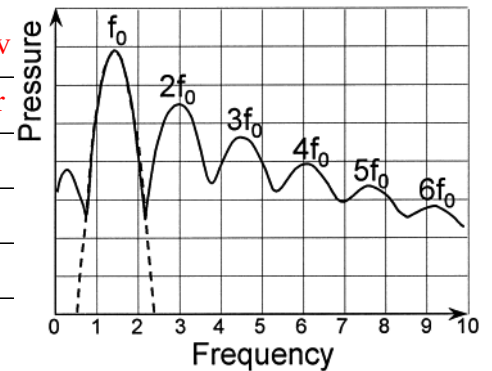
$$R_{\text{rubber}} = \underline{\hspace{2cm}} \qquad R_{\text{aluminium}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Lab Assignment 5 – Frequency Distribution

Determine the frequency distribution of the echo signal by using the FFT-function under the math menu on the oscilloscope. Comment on your results.

Här kan man se övertoner som har bildats i objektet. $2f_0$ osv

Maskinen kan ställas in att endast lyssna på övertonerna för att skapa bilden.



Place a target with high absorption between the transducer and your reflecting target and see if the frequency distribution of the echo signal changes. What difference can you notice? Why?

Högre frekvenser absorberas mer, vilket borde avspeglas i frekvensspektrumet, dvs toppen för övertonerna bör minska mer än grundtonen.