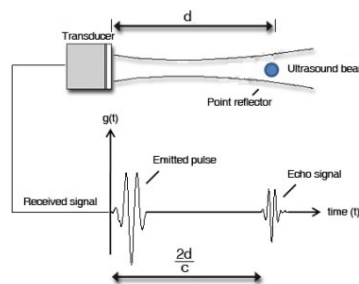


Förberedelseuppgifterna kommer att gås igenom i början på laborationen. Varje person kommer att få presentera svaret på en fråga för gruppen.

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:

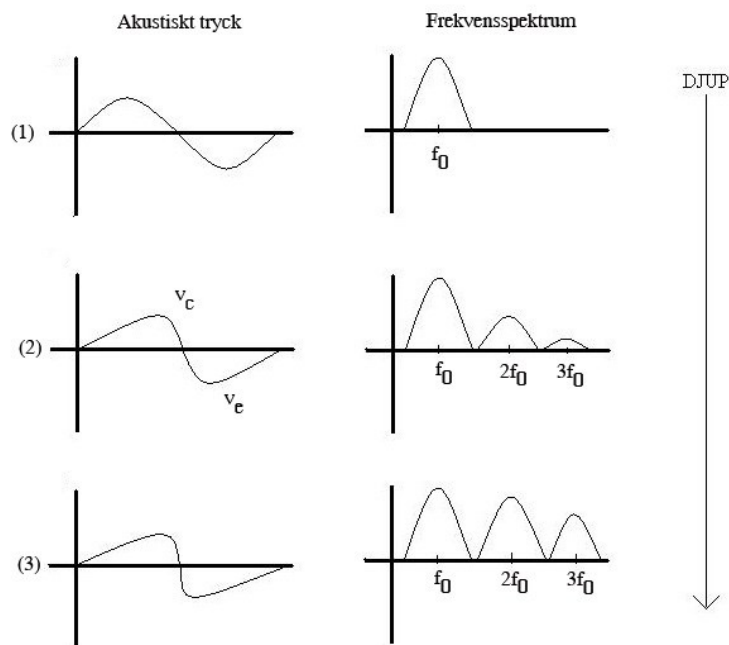
$$R_I = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

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

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 $2,5 \text{ MHz} - f_0$) medan mottagning sker på dubbla frekvensen ($5 \text{ MHz} - 2f_0$). 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.

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?

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

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

Lab Assignment 2 – Speed of Sound and Acoustic Impedance

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

Water: _____ m/s

Acrylic target: _____ m/s

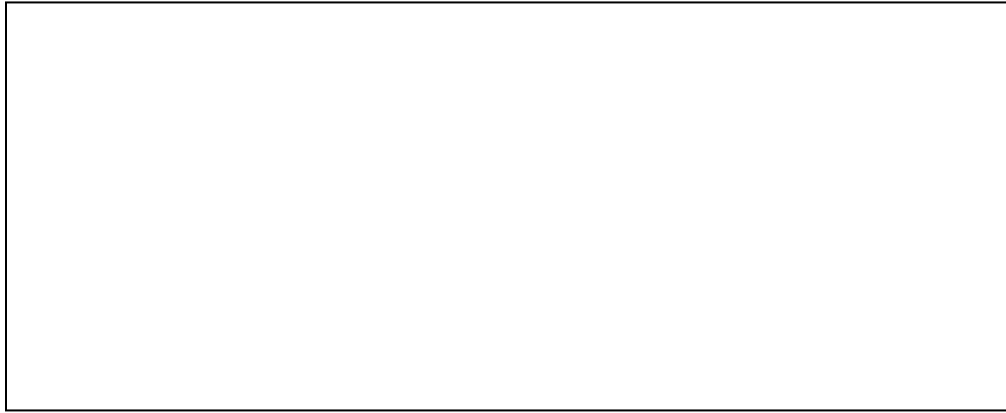
Determine the acoustic impedance of water and of the acrylic target. Explain your procedure.

Water: _____ $\text{Kg/m}^2\text{s}$

Acrylic target: _____ $\text{Kg/m}^2\text{s}$

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.



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

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

Axial resolution (distance 5 cm): _____ mm

Axial resolution (distance 20 cm): _____ mm

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

Lateral resolution (distance 5 cm): _____ mm

Lateral resolution (distance 20 cm): _____ mm

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?

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

$R_{\text{rubber}} =$ _____

$R_{\text{aluminium}} =$ _____

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.

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?
