

Laboratorium teledetekcji

Elementy sonolokacji

plk dr hab. inż. Mateusz Pasternak
22 683 76 67
mpasternak@wat.edu.pl
<http://mpasternak.wel.wat.edu.pl>

Akustolokacja lub sonolokacja dział echolokacji (teledetekcja) zajmujący się problemami lokalizacji i rozpoznawania obiektów za pomocą fal dźwiękowych (mechanicznych)

gr. ακουστική - dotyczący słuchu

łac. *sonus* – pochodzi także z jęz. gr. od słowa τόπος ozn. szum, hałas, dźwięk

Akustolokacja w powietrzu nazywana jest **aerolokacją**

Akustolokacja w wodzie nazywana jest **hydrolokacją**

Echosonda - to dźwiękowy czujnik służący do obliczania przybliżonej odległości do najbliższego obiektu

Urządzenia akustolokacyjne

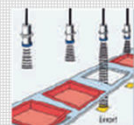
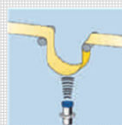
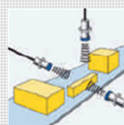
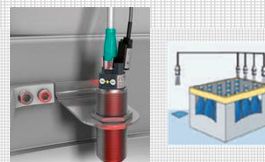
echosondy – pomiar odległości
 sonary (***SO**und **N**avigation **A**nd **R**anging*)
 – namiar kierunku, prędkość, wsp. odbicia

Podstawowe obszary zastosowań

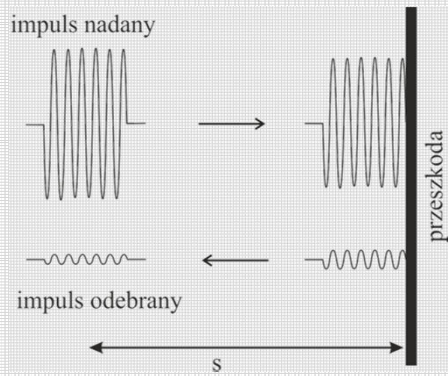
- wojsko
- robotyka
- diagnostyka techniczna
- medycyna
- nawigacja
- hydrografia
- rybołówstwo
- inne

Przykłady zastosowań aerolokacji

detekcja ciał obcych w żywności
 detekcja położenia, ruchu obiektów
 pomiary przepływu, wysokości fal, temperatury
 pomiary poziomu zapelnienia zbiorników
 detekcja zbliżania

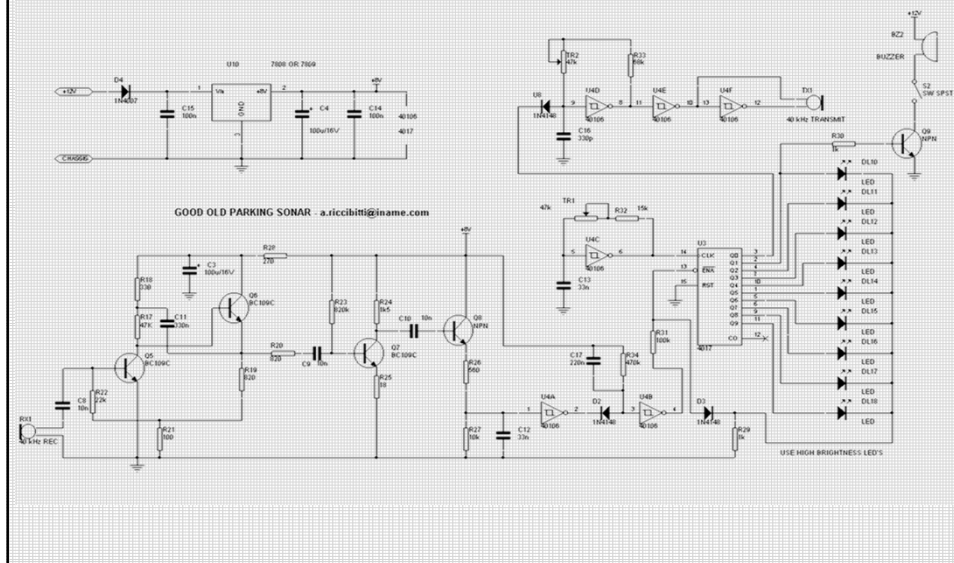


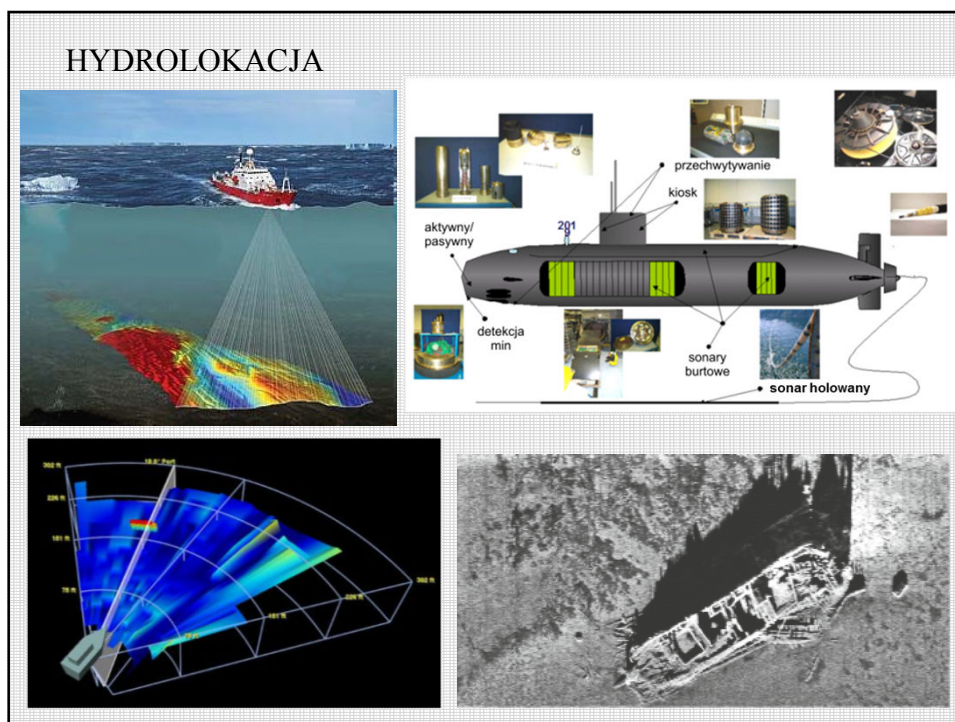
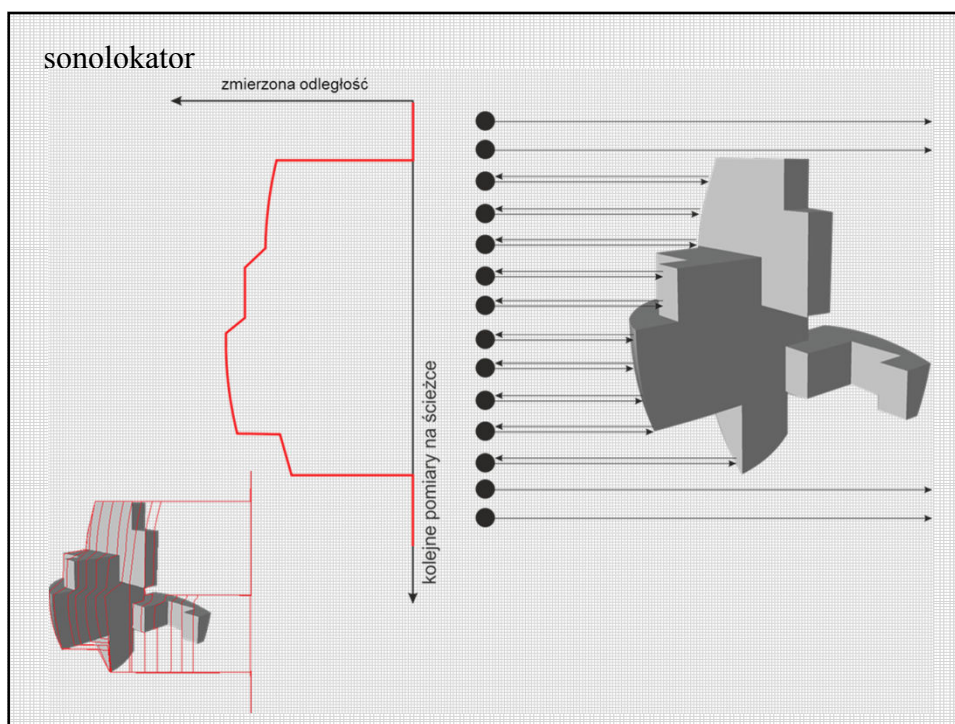
najprostsza echosonda



$$s = \frac{vt}{2}$$

Echosonda samochodowa



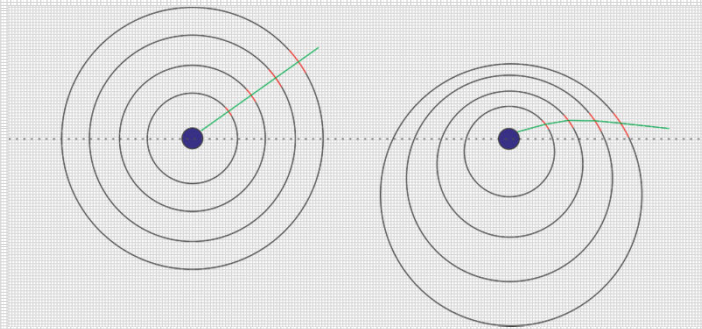


Zależność

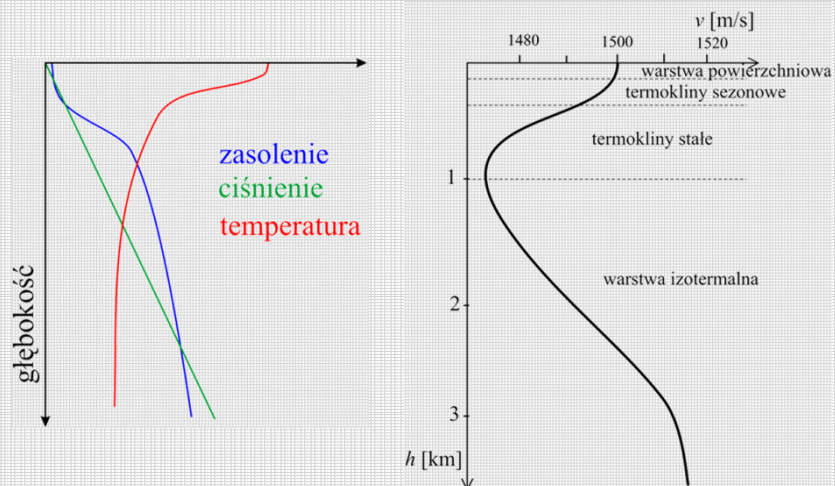
$$s = \frac{vt}{2}$$

jest słuszna jeśli dźwięk

- ma stałą prędkość w danym kierunku
- rozchodzi się po liniach prostych

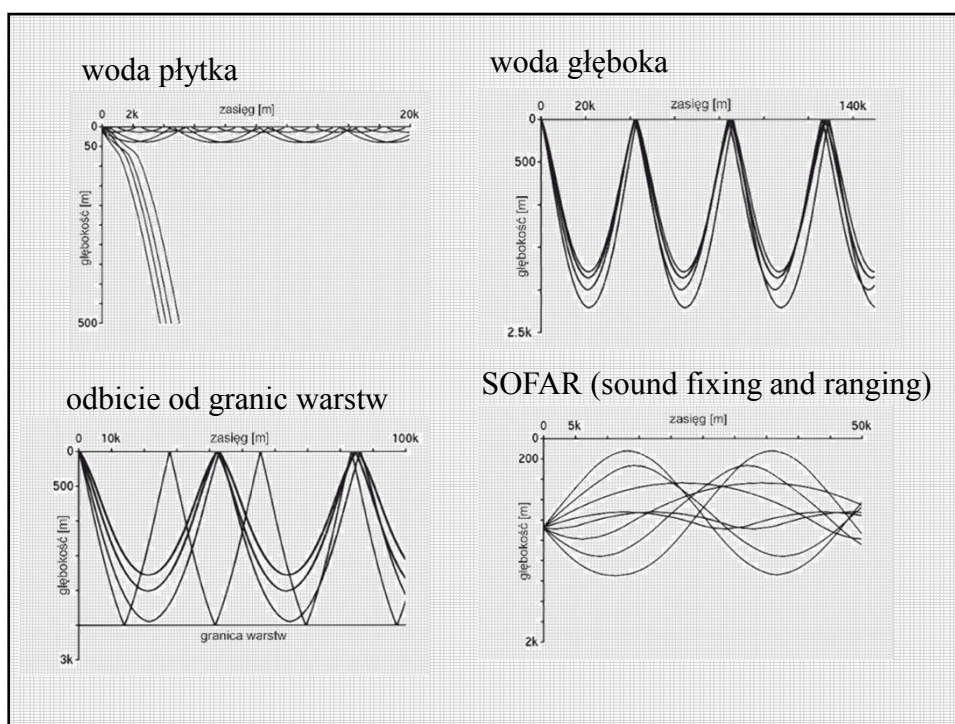
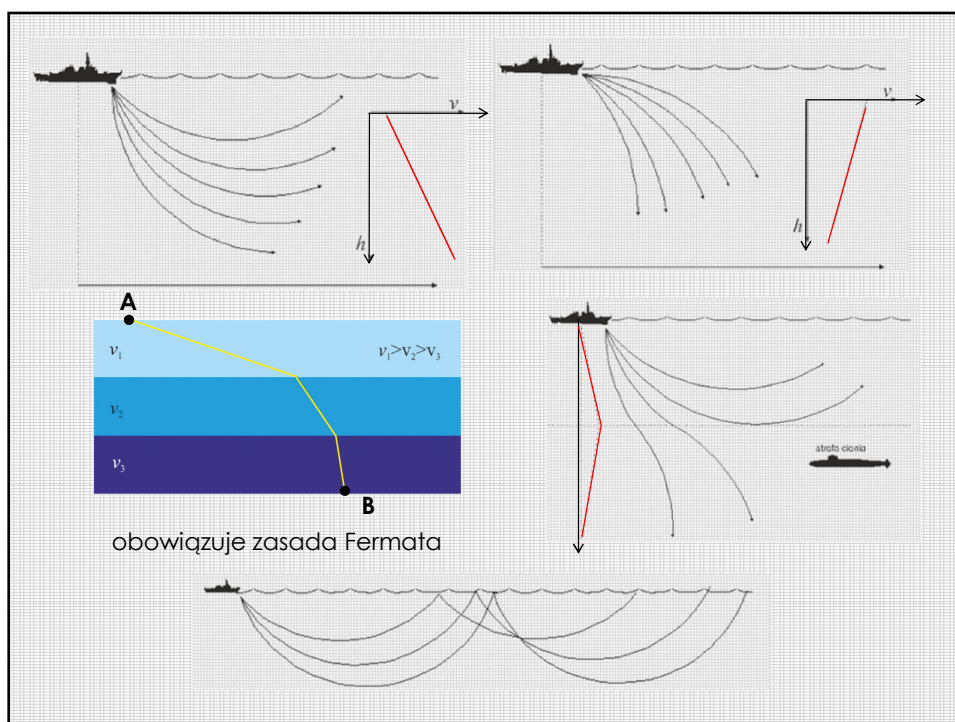


Woda morska



$$v(T, D, S) = 1449,2 + 4,6T + 0,055T^2 + 1,39(S - 35) + 0,016D$$

$$v[m/s] \quad T[^\circ C] \quad S[\text{‰}] \quad D[m]$$



Spadek natężenia fali w wodzie

$$I = \frac{f}{r^2} e^{-\beta r}$$

r – odległość od źródła

β – wsp. tłumienia
z formuły Naviera-Stokesa:

$$\beta = \frac{4\mu\omega^2}{3\rho v^3}$$

μ – współczynnik lepkości wody

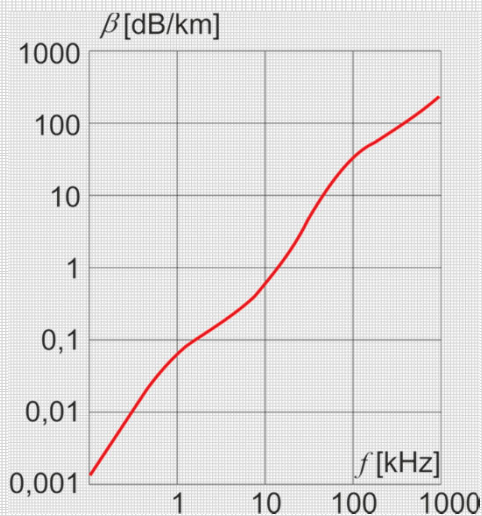
ρ – gęstość wody

v – prędkość dźwięku w wodzie

ω – pulsacja

Empiryczna wartość wsp. tłumienia

$$\beta = \frac{43f^2}{4450 + f^2} + 296 \cdot 10^{-6} f^2 \quad \begin{matrix} f \text{ [Hz]} \\ \beta \text{ [dB/km]} \end{matrix}$$



Maksymalny zasięg echosondy

$$h_{\max} = \sqrt{\frac{\Gamma P S}{4\Omega J}}$$

Γ – wsp. odbicia

S – apertura przetwornika odbiorczego [m²]

Ω – kątowa szerokość wiązki wypromieniowanej [srad]

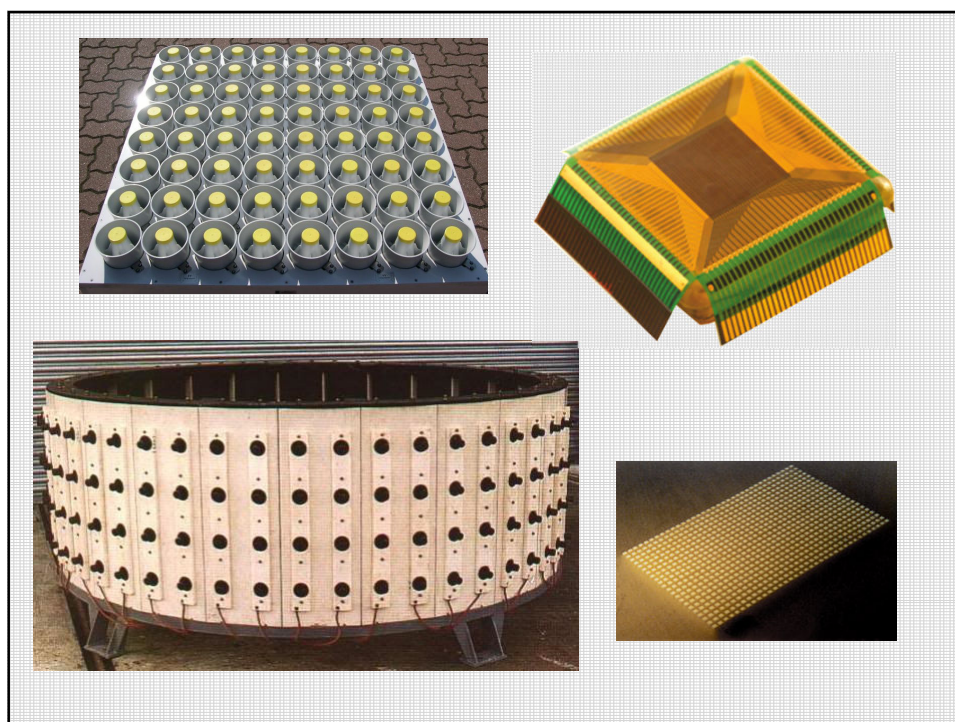
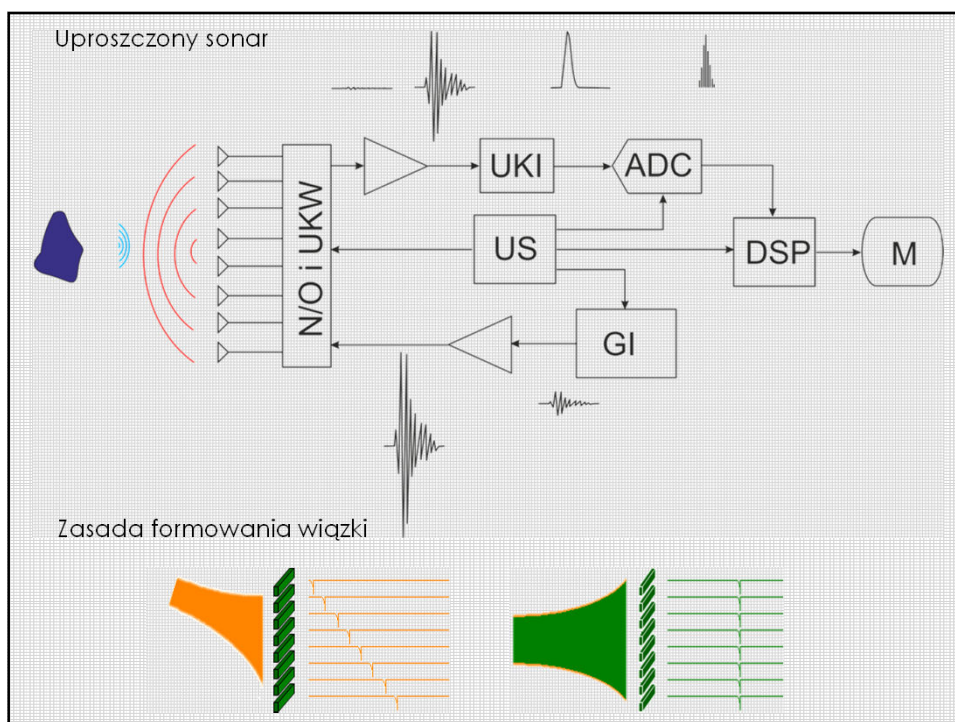
J – czułość odbiornika

P – moc wypromieniowana

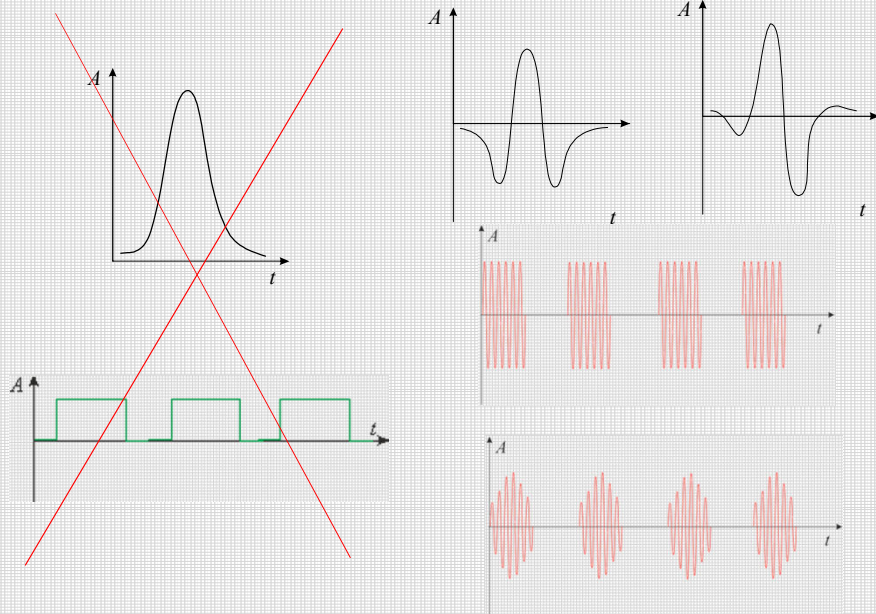
$$\Gamma = \frac{A_{pad}}{A_{odb}} = \frac{Z_{A1} - Z_{A2}}{Z_{A1} + Z_{A2}}$$

$$Z_A = \rho v$$

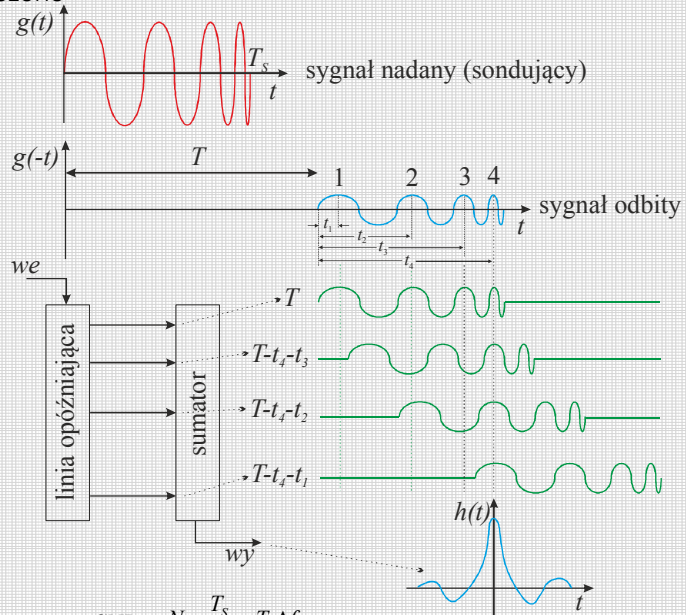
material	energia odbita [%]	współczynnik odbicia
powietrze (styk powietrza z wodą)	99,9	0.99997
nikiel	89,0	0,9
stal	85,0	0.8-0.9
granit	65,0	0.6-0.8
guma	55,0	0.5-0.8
kamień	55,0	0.5-0.7
drewno	21,0	0.20-0.5
piasek	13,0	0.005-0.5
lód	13,0	0.1-0.2
il	10,0	0.0017



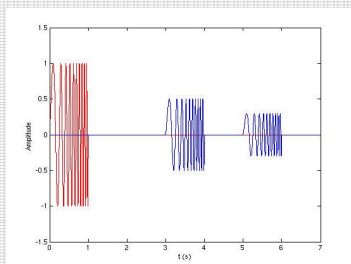
Najczęściej stosowane typy prostych impulsów sondujących
video lub radiowych



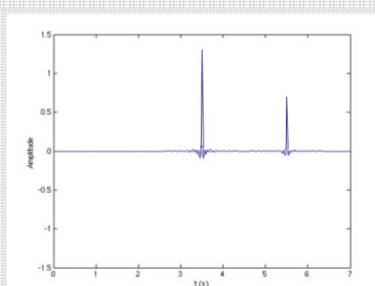
Impulsy złożone



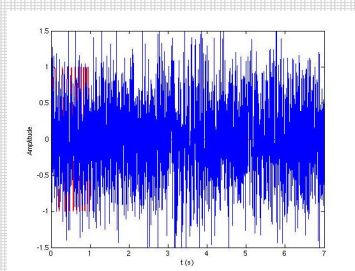
N krotna poprawa SNR $N = \frac{T_s}{\Delta t} = T_s \Delta f$



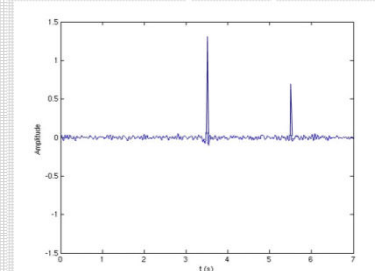
Przed filtracją – sygnał bez szumów



Po filtracji



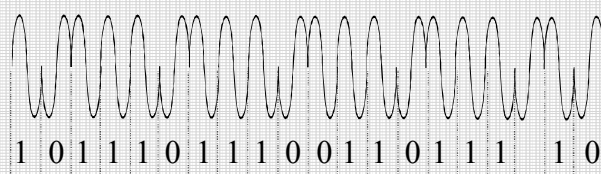
Przed filtracją – sygnał zaszumiony



Po filtracji

Sygnały z manipulacją fazy

Kod PSK o długości 6 cykli z sekwencją 1001

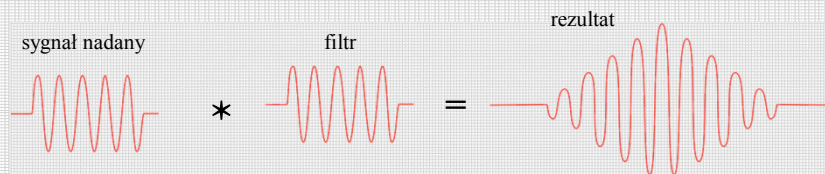


Najbardziej znane kody Barkera

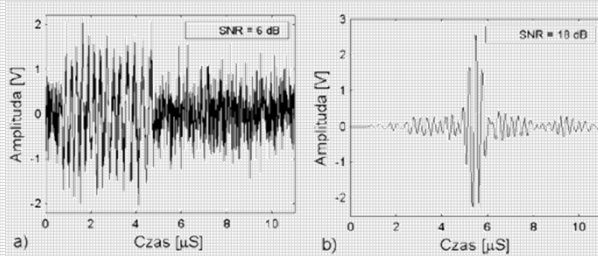
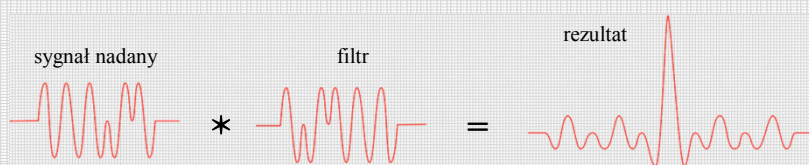
Długość ciągu	Element ciągu	PSL (dB)	ISL (dB)
2	+ -, + +	-6.0	-3.0
3	+ + -, (+ - +)	-9.5	-6.5
4	+ + - +, (+ + + -)	-12.0	-6.0
5	+ + + - +	-14.0	-8.0
7	+ + + - - + -	-16.9	-9.1
11	+ + + - - - + - + -	-20.8	-10.8
13	+ + + + - - + - + - +	-22.3	-11.5

gdzie PSL - szczytowy poziom listków bocznych, $PSL = 10 \log$ (maksymalna moc bocznych listków/szczytowa moc odpowiedzi), ISL - integrowany poziom bocznych listków, $ISL = 10 \log$ (całkowita moc bocznych listków/szczytowa moc odpowiedzi).

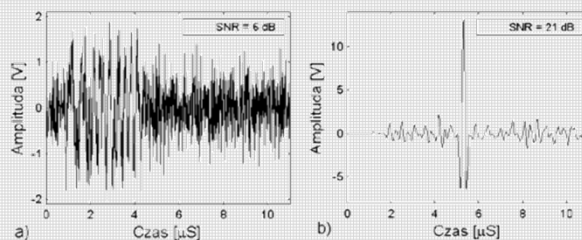
system bez modulacji



system z modulacją

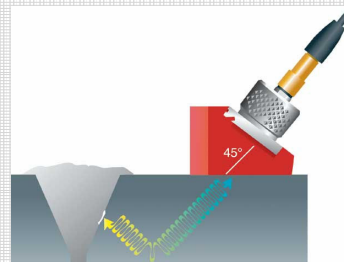
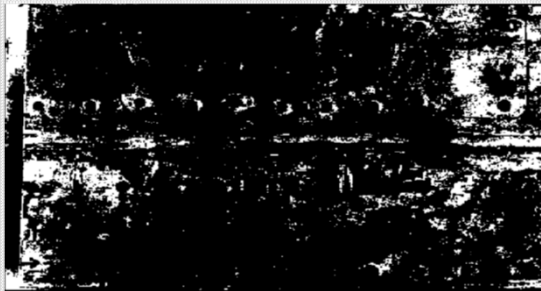
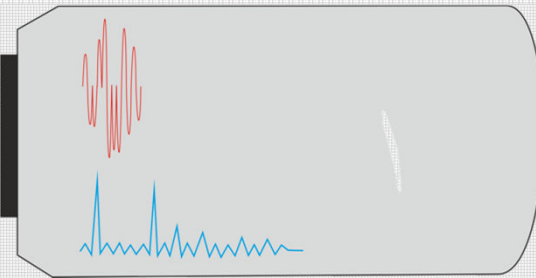


echo z szumem
gaussowskim
sygnał sondujący
typu chirp 4 μs

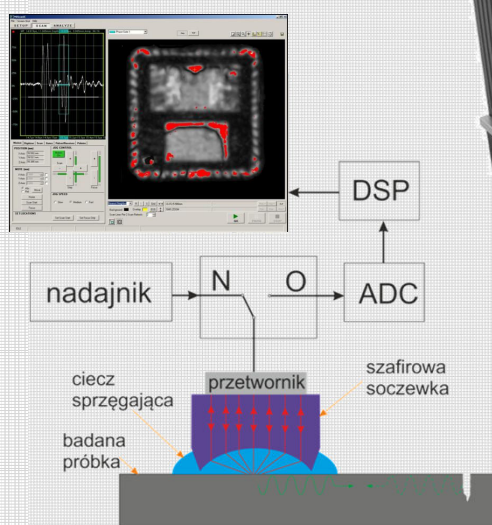


echo z szumem
gaussowskim
sygnał sondujący
13-bitowy kod
Barkera

Testy nieniszczące



Mikroskopia akustyczna



- częstotliwości pracy 0,5– 2 GHz
- rozdzielczość rzędu 100 nm
- maks. powiększenie 1000

USG

fale krótsze od 1 mm

częstotliwość 1 – 15 MHz
zależnie od badanej tkanki

