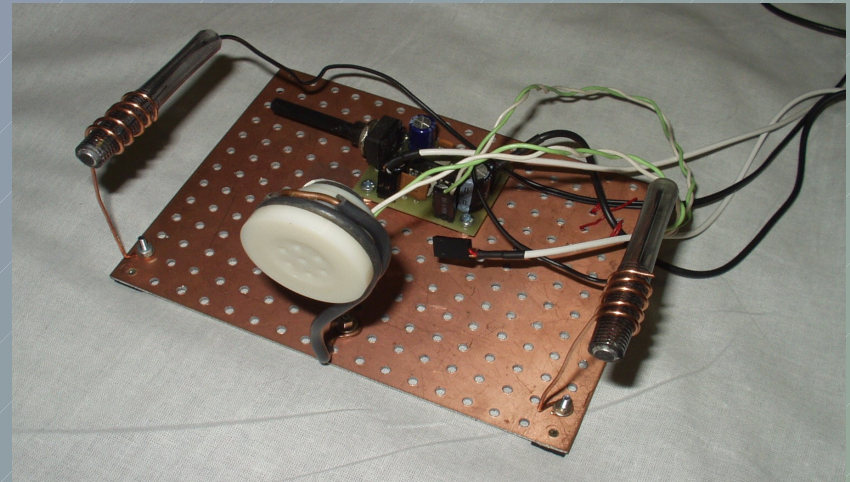
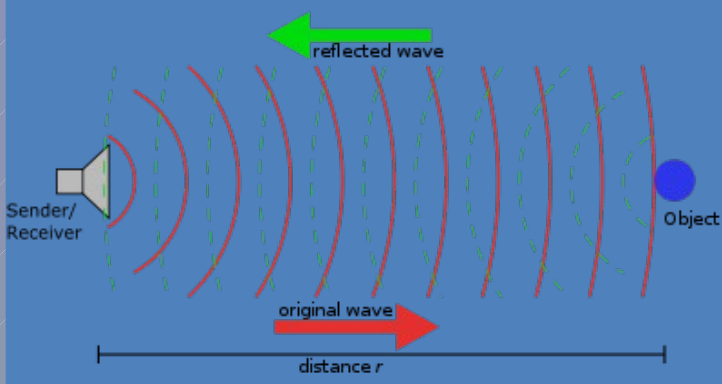


SONAR



Jakub Kákona

Tomáš Koubský

kjakub@gmail.com, tkoubsky@gmail.com

Obsah

1. Velmi stručně z historie
2. Seznámení se sonarem
3. Problémy (technické i teoretické)
4. Modifikace signálu (chirp, windowing)
5. Technická stránka (hardware i software)
6. Jak sonar vyrobit na koleni
7. Využití sonaru, závěr

Velmi stručná historie

podvodní sonar

- 1912 Lewis Richardson (GB) – 1. patent
- 1913 Alexander Behn (D)
- 1912 - 1914 Reginald Fossenden (CA) (detekce ledovce na 3km, Fossendenův oscilátor)

1.SV

- 1915 P. Langewin, K. Chilowski – aktivní zvukové zařízení na detekci ponorek (Quartz)
- 1917 R. W. Boyle, A. B. Wood (GB) – projekt ASDics
- 1923 – vybavení 6. torpédoborecké flotily (GB) sonary

2.SV

- plně využívány

•

Co je SONAR?

- navigační, monitorovací, zaměřovací zařízení využívající zvukových / ultrazvukových signálů

- SONAR = SOund NAvigation and Ranging
modifikace známého „RADARu“
- ASDics = Anti-Submarine Detection Investigation Committee
GB – zástupný název pro armádní projekt detekce ponorek (=sonar)
- SODAR = SOund Datection And Ranging
 1. Historicky první název sonaru
 2. Meteorologické zařízení pracující na principu zvukových vln
- pasivní sonar / hydrofon – pouze k poslechu a porovnávání zvuku s databází nebo zkušeností
- aktivní sonar – vysílá zvukové signály a přijímá jejich odrazy

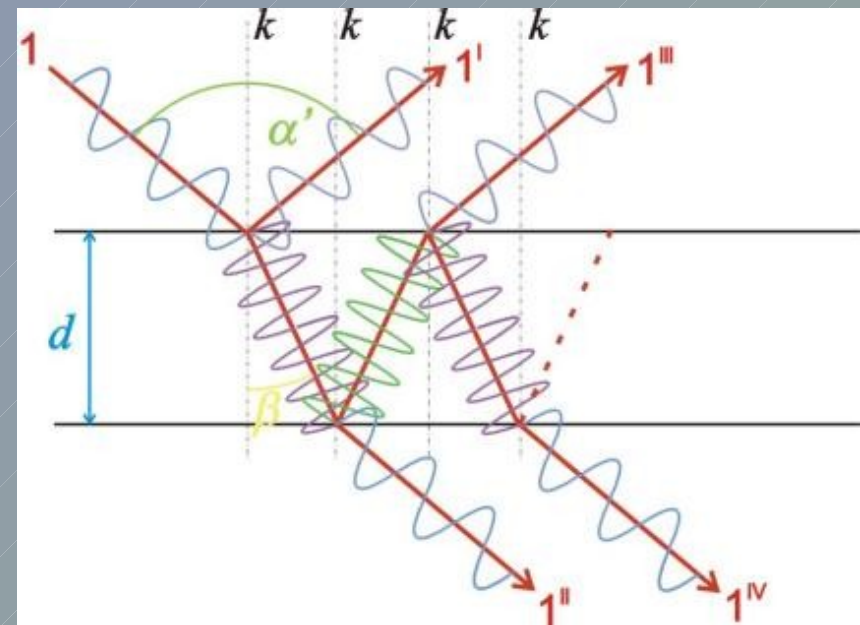
Aktivní sonar

- využívá vlastnosti zvukového vlnění
 - rychlost šíření, prostup materiálem
 - zákon odrazu a lomu
 - odraz od změn kontinuity
 - Dopplerův jev ($f = \text{konst}$)
- signál (pulz, ping) \sim odraz (echo)
- filtrace hluků
- monofrekvenční / multifrekvenční, chirp
- více přijímačů > určení směru

- problémy:
- vícenásobné odrazy
 - odrazy špatným směrem
 - pohlcování vlnění

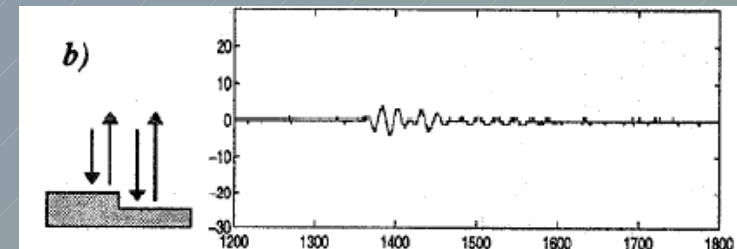
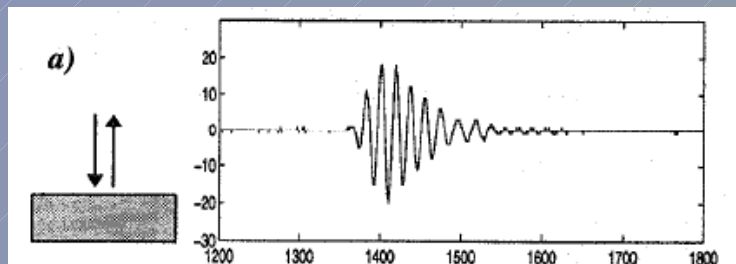
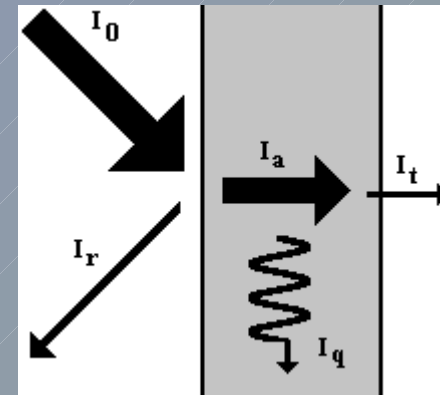
- interference
- uzavírání do ostrých pulzů způsobuje nežádoucí harmonické frekvence

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_1}{c_2}$$



Problémy

- vícenásobné odrazy, odrazy jiným směrem než zpět
- pohlcování zvuku materiálem nebo povrchem
-
- interference (povrchová past)



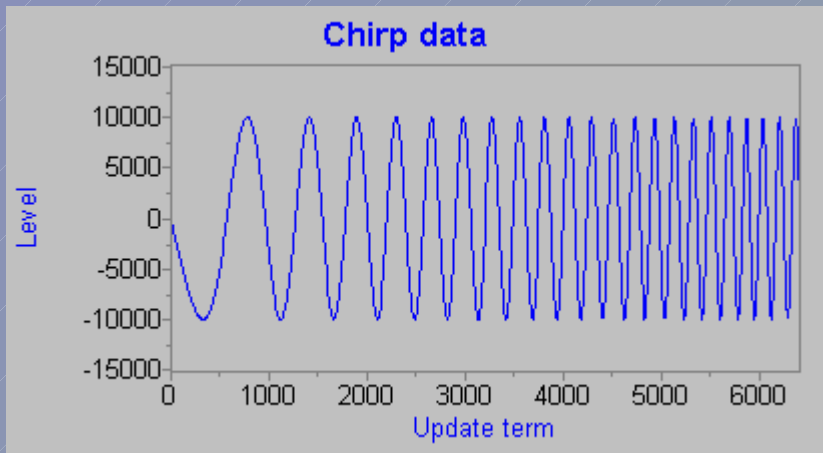
- zpožděná echa, echa z vícenásobného odrazu
- ultrazvukové znečištění

Většina problémů se eliminuje složením více primárních frekvencí nebo tzv. chirpem

Chirp – sweep wave

= spojité spektrum frekvencí v určitém rozsahu

- motivace: - čím víc frekvencí, tím víc informací
- řešení většiny problémů s interferencí

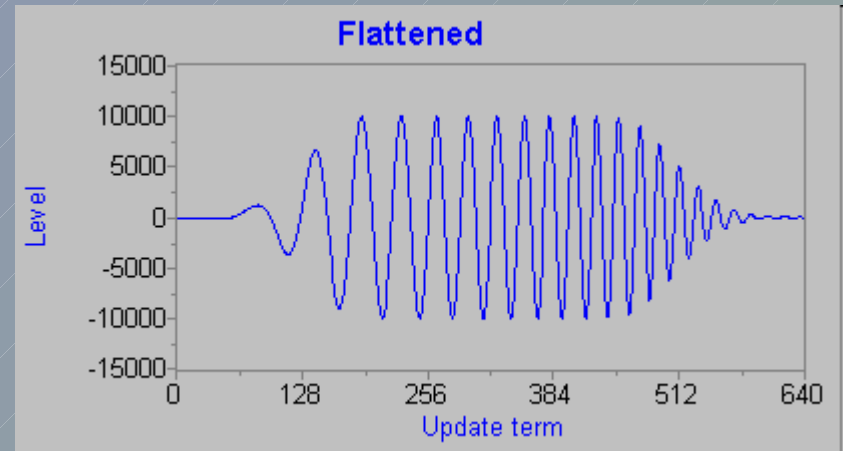
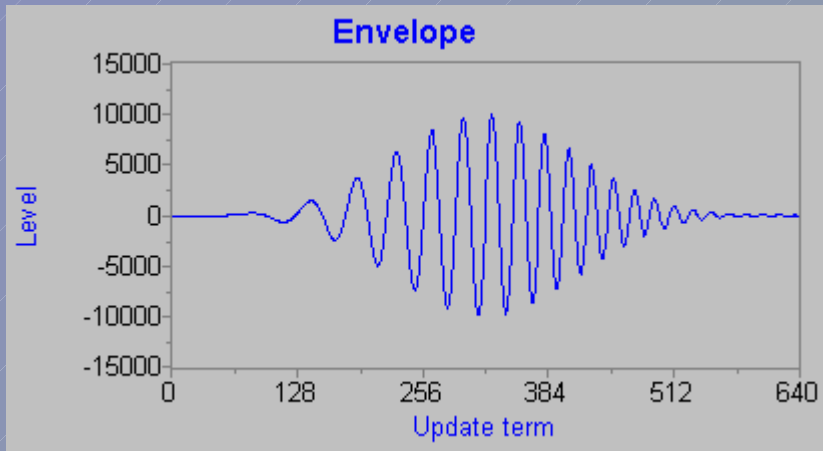


- přesnější identifikace echa
- problém s interferencí: interferuje jen malá část spektra
- vybere výhodnější frekvenci pro dané materiály

$$x(t) = \sin\left(2\pi \int_0^t f(t') dt'\right) = \sin\left(2\pi \int_0^t (f_0 + kt') dt'\right) = \sin\left(2\pi\left(f_0 + \frac{k}{2}t\right)t\right)$$

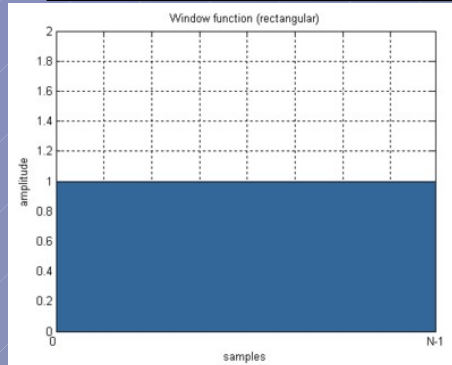
Windowing

- funkce, která je nulová všude mimo daný interval
- nutná pro uzavření signálu do pulzu
- zde většinou nějaké funkce sinu



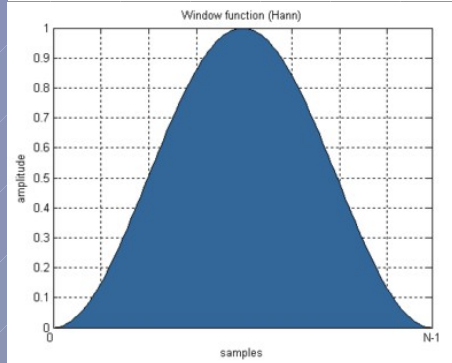
- charakteristika chirpu: délka ploché části / tvar okrajových změn
- prodloužený plochý chirp:
 - větší rozsah frekvence
 - větší energie pulzu (amplituda se nedá zvětšovat do nekonečna)

Windowing



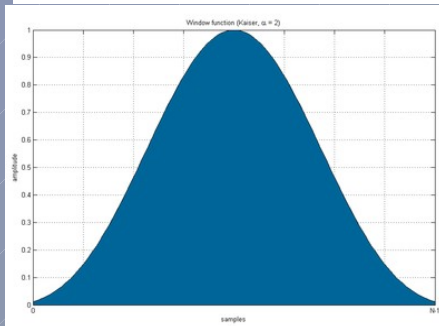
obdélníkové (Dirichletovo) okno

- ostré okraje produkují harmonické frekvence
- při odrazu se okraje zkreslí



Hannovo okno

$$w(n) = 0.5 \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi n}{N-1} \right) \right)$$



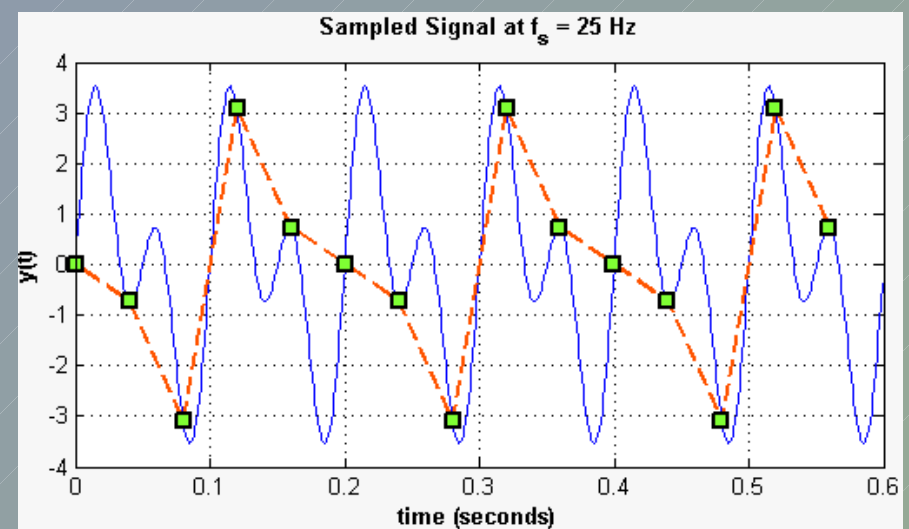
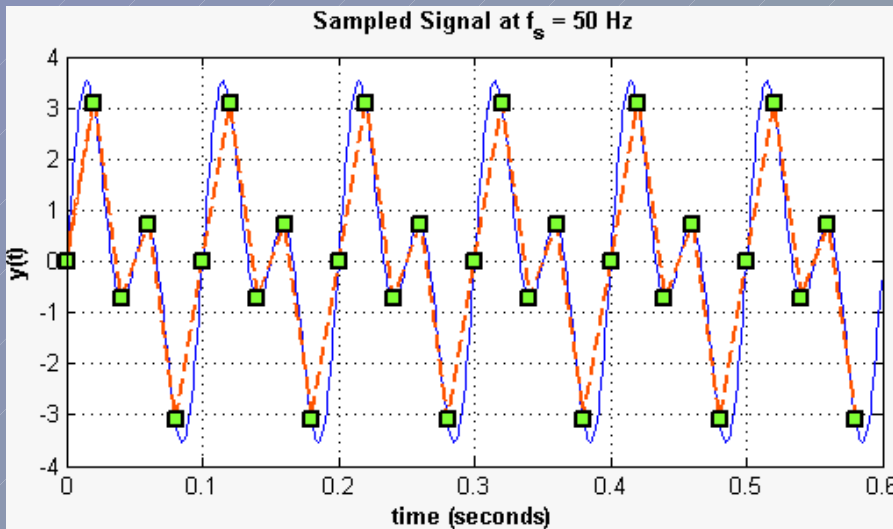
Kaiserovo okno

$$w(n) = \frac{I_0 \left(\pi \alpha \sqrt{1 - \left(\frac{2n}{N-1} - 1 \right)^2} \right)}{I_0(\pi \alpha)} \quad \alpha \in \mathbb{N}$$

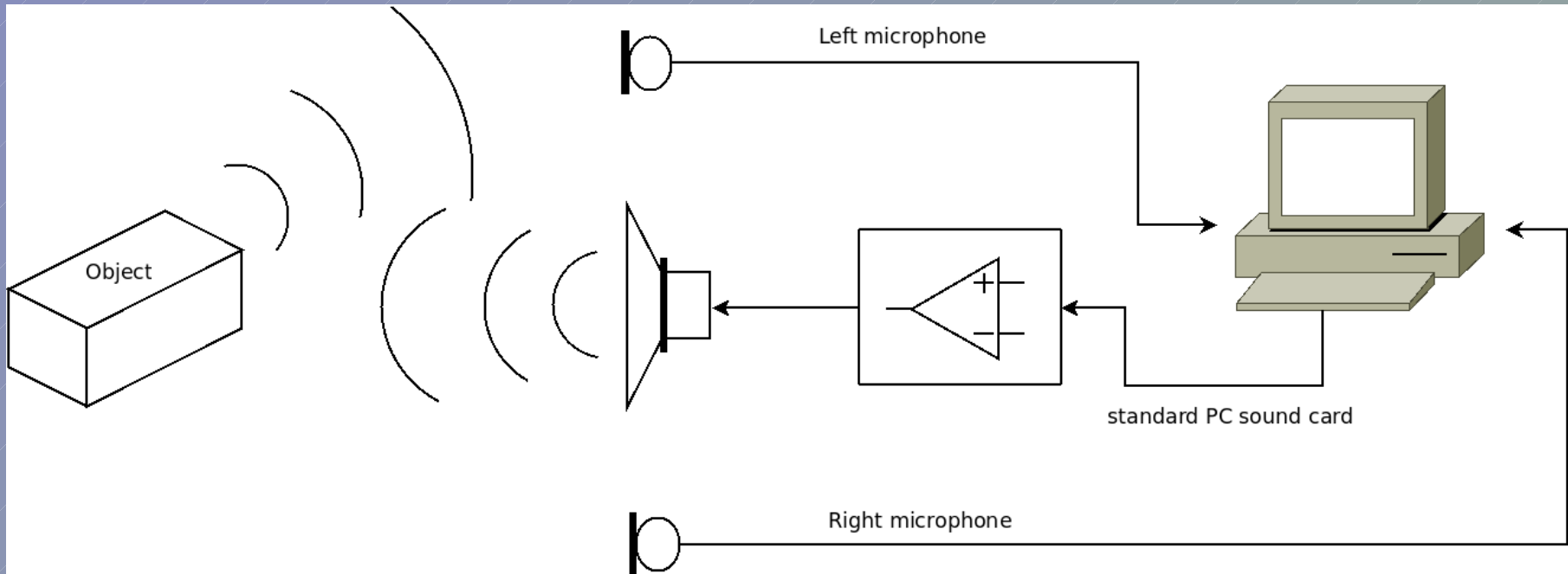
Technické prostředky

- vzorkování – Nyquist-Shannonův-Kotelnikův teorém: Aby nedocházelo k nenávratným ztrátám informací, musí být vzorkovací kmitočet alespoň dvakrát větší, než je nejvyšší zajímavá frekvence signálu.
- Kvantizační šum a rozlišení – intenzita echa ubývá s r^2 .
- Výpočetní výkon, zpracování jednoho echa cca $1 \cdot 10^8$ operací

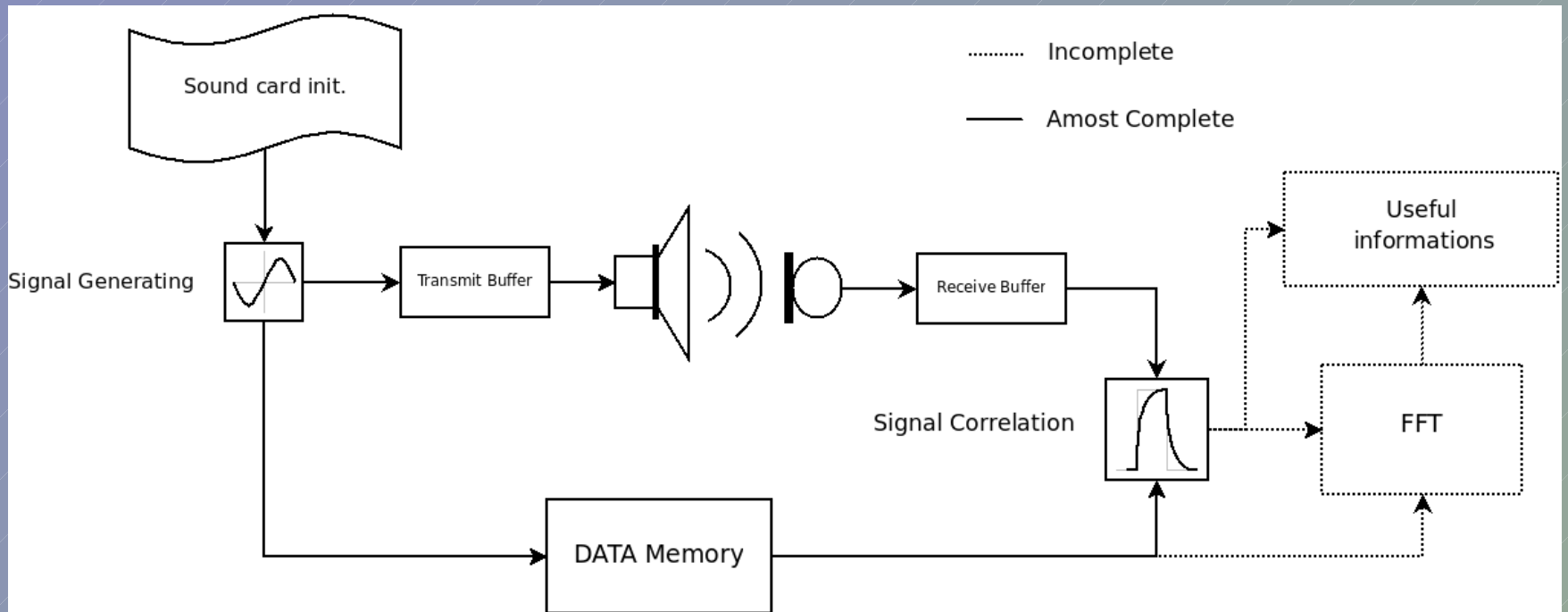
$$f_1 = 10\text{Hz} \quad f_2 = 20\text{Hz}$$



Konfigurace Experimentu

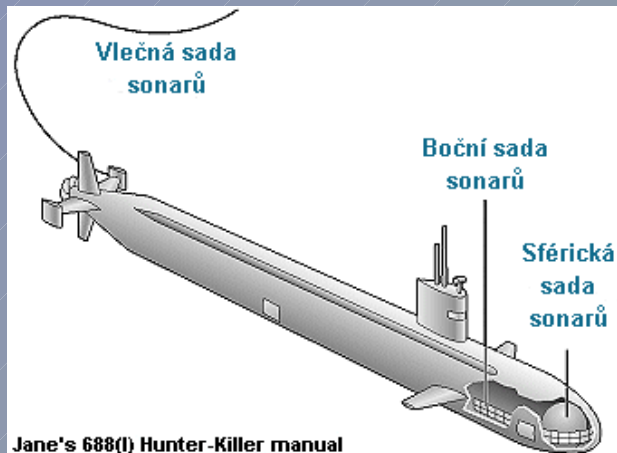
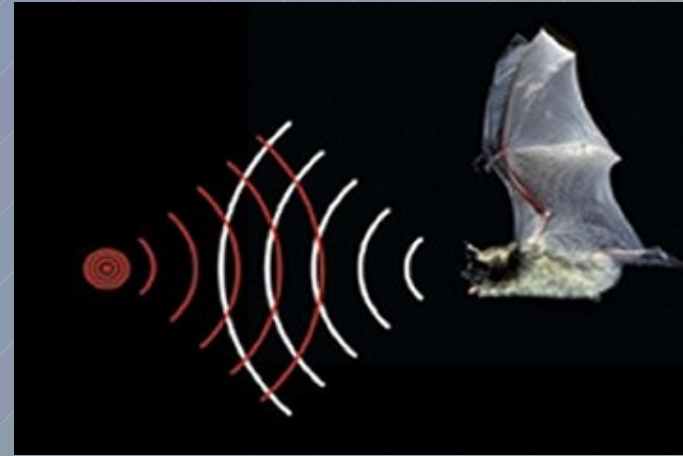


Programové řešení



Využití

- námořní doprava
- armáda, ponorky
- robotika
- strojírenství, materiály
- zdravotnictví
- živočichové
- rybolov...



Zdroje

- **Recognition using Frequency Sweep Sonar**, Gunnar Lindstedt Proceedings of the 1st Euromicro Workshop on Advanced Mobile Robots (Eurobot 1996) 0-8186-7695-7/96
- **"Chirp."** Wikipedia, The Free Encyclopedia. 16 Mar 2009, 20:53 UTC. 27 May 2009 <<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Chirp&oldid=277721857>>.
- **Window function.** (2009, May 17). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 23:08, May 27, 2009, from http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Window_function&oldid=290511193
- **Nyquist–Shannon sampling theorem.** (2009, May 21). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 23:09, May 27, 2009, from http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nyquist%E2%80%93Shannon_sampling_theorem&oldid=291489648
- **Cross-correlation.** (2009, April 7). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 23:10, May 27, 2009, from <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Cross-correlation&oldid=282382026>
- Configurable Chirp Generation for Sonar Surveys, Microstar Laboratories Inc.
 - <http://www.mstarlabs.com/dsp/sonar-chirp-signals.html>
 - k datu 27. 5. 2009