

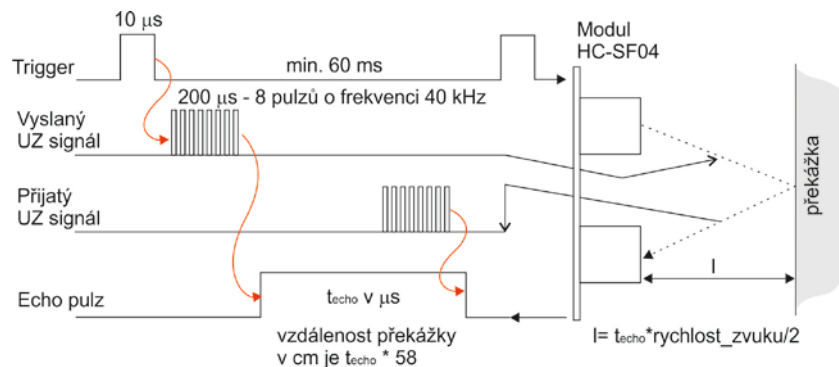
Činnost sonaru

V přírodě sonar využívá nejen živočich. Mezi nejznámější jednoznačně patří netopýr. Když letí, vyšle zvukový signál, jehož odraz zachytí jeho uši. Podle odrazu (ozvěny - echa) je schopen určit překážku před ním a při letu se jí vyhnout, nebo naopak nalézt kořist a za letu ji chytit. Takto dokáže například po tmě prolétat i mezi nataženými šňůrami.

Také námořníci využívají sonary pro zjišťování hloubky moře pod lodí, nebo ponorky se pomocí sonaru orientují a také mohou vyhledávat cíle.

My se se sonarem také seznámíme a naučíme se jej používat například k orientaci robota v místnosti, nebo bludišti, nebo v lokalizaci předmětů v prostoru.

Jak sonar pracuje.



Vyslání signálu sonarem je inicializováno 10 µs impulsem Trigger, který pošleme do sonaru. Sonar vyšle 8 pulzů délky 12.5 µs s periodou 25 µs (40 kHz). Poté nastaví výstup Echo pulz do H. Tento „ultrazvukový balík“ letí rychlostí, kterou se šíří zvuk ve vzduchu až dorazí na překážku. Od ní se odrazí a letí zpět k sonaru. Příjmací senzor sonaru přijme tento ultrazvukový balík a po jeho přijetí vrátí Echo pulz do L. Délka pulzu je úměrná době letu ultrazvuku k překážce a zpět. Urazí tedy dvojnásobnou vzdálenost, než jaká je vzdálenost k překážce (2**l*).

$t_{\text{echo}} = 2 * l / \text{rychlost_zvuku}$. Rychlost zvuku ve vzduchu je přibližně 340 m/sec = 340 000 mm/sec a 0.34 mm/µs.

Poznámka: Když je bouřka a zablyskne se, tak často počítáme, kolik sekund od záblesku uplyne, než uslyšíme hrom. 340 m/sec = 0,34 km/sec. Pokud uslyšíme hrom za 3 sec, tak udešilo přibližně 1 km od nás a víme tedy, jak daleko je od nás bouřka :-)

Stejně tak je to při ozvěně(echo)- Odraz zvuku (www.zsondrejov.cz/Vyuka/F-9H/Zvuk_05.pdf) Když narazí vlny šířící se v rybníce na břeh, odrazí se a šíří se zpět. Stejně to platí pro zvuk, když zvuková vlna narazí na překážku, odrazí se. Sluchem rozeznáme dva za sebou následující zvuky, pokud mezi nimi uplyne alespoň 0,1 s. Vyslaný a odražený zvuk uslyšíme odděleně, pokud je stěna vzdálena alespoň 17 m (zvuk musí urazit vzdálenost dvakrát 17 m – tam a zpět - což je 34 m, tu urazí za 0,1 s). Tento jev se nazývá ozvěna. Pokud je stěna blíže než 17 metrů, pak odražený zvuk nerozeznáme odděleně, ale jakoby zesílí původní zvuk, také někdy říkáme, že se zvuk rozléhá. Tento jev se nazývá dozvuk.

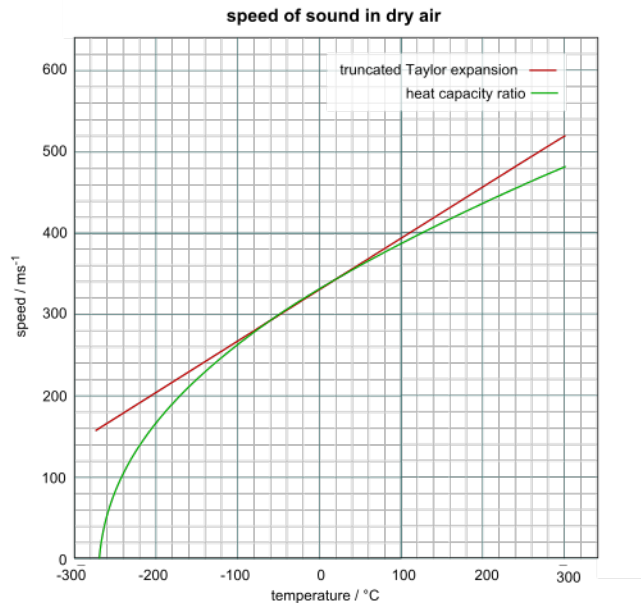
Rychlost zvuku ve vzduchu není přesně 340 m/sec. Ta závisí na tlaku, vlhkosti a teplotě vzduchu. Potřebujeme-li přesně znát rychlost šíření zvuku ve vzduchu v tu danou chvíli,

můžeme ji odečíst například z následujícího grafu. Graf ukazuje rychlost šíření zvuku v suchém vzduchu.

Tuto rychlost můžeme však také přibližně spočítat ze vzorce

$$\text{rychlost_zvuku} = (313.57 + 0.607 \cdot v)$$

v = teplota vzduchu ve $^{\circ}\text{C}$



Zdroj:

https://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound#/media/File:Speed_of_sound_in_dry_air.svg

Obvykle však počítáme, že rychlost zvuku je při běžných teplotách 340 m/sec (0.34 mm/ μs). Za 10 μs urazí zvuk 3.4 mm.

Náš sonar je typu HC-SR04. Jeho základní parametry jsou následující:

Sonar HC SR – 04

Pracovní napětí [V]	5
Pracovní proud [mA]	15
Frekvence [kHz]	40
Maximální vzdálenost [m]	4
Minimální vzdálenost [cm]	2
Měřicí úhel [$^{\circ}$]	15
Spouštěcí signál [μs]	10
Pracovní úhel:	<15 stupňů

$$l = t_{\text{echo}} \cdot 0.34/2 = t_{\text{echo}} \cdot 0.17 \text{ [mm]}$$

t_{echo} - počet mikrosekund délky echo pulzu

l - vzdálenost překážky od sonaru

Z uvedeného vyplývá, že délka echopulzu na 1 mm vzdálenosti od překážky je 117.64 μs . Sonar podle údajů v katalogu detekuje nejkratší vzdálenost 2 cm, což odpovídá délce echopulzu 117.65 μs . Pro vzdálenost 4 m bude délka echopulzu 23 529 μs .

POZOR! Při zapojování sonaru k napájecímu napětí je nutné nejprve připojit GND a až pak +5V a nakonec signály! Jinak nebude modul pracovat normálně.

Pokud není plocha před sonarem větší, než 0.5 m² (70 cm x 70 cm) a podklad není hladký, dojde k ovlivnění hodnoty měření!

PICAXE 20M2 pracuje nejlépe při hodinovém kmitočtu 8 MHz. Tento kmitočet nastavíme příkazem

setfreq m8

Pro měření délky pomocí sonaru musíme nejdříve odstartovat měření vysláním trigger pulzu délky nejméně 10 μ s pomocí příkazu

pulsout pin,2

Příkaz vyše při kmitočtu hodin procesoru 8 MHz pulz dlouhý 10 μ s

Poté pomocí následujícího příkazu změříme délku pulzu t_{echo} v pětkách mikrosekund (*výsledek_slovo* = 1 znamená čas 5 μ s).

pulsin pin,1, *výsledek_slovo*

Pokud je jedničkový puls delší než 327675 μ s bude hodnota *výsledek_slovo* = 0.

vzdálenost překážky	doba letu zvukového balíku z/do sonaru (μ s)	změřená hodnota v pětkách mikrosekund (fosc 8MHz) <i>výsledek_slovo</i>	korekce (μ s)	chyba %
10 mm	58	12	-1.18	2
4000 mm	23529.4	4706	-0.588	0.003
20 mm	117.65	24	-2.353	2
1 mm	5.88	1	0.88	

Jak jsme si již odvodili, pro vzdálenost překážky 4 m od sonaru (zvuk urazí 8 m) bude délka echo pulzu 23529 μ s, *výsledek_slovo* = $(1261)_{16} = (4705)_{10}$.

Pro vzdálenost překážky 2 cm od sonaru (zvuk urazí 4 cm), bude délka echopulzu 118 μ s, *výsledek_slovo* = $(17)_{16} = (23)_{10}$ (zvuk se vrátí od překážky vzdálené 1 cm za 57 μ s, *výsledek_slovo* = $(11.5)_{10}$)

Vezmeme-li tedy *výsledek_slovo* *10/118 dostaneme vzdálenost překážky v cm.

vzdálenost překážky	změřená hodnota v pětkách mikrosekund (fosc 8MHz) <i>výsledek_slovo</i>	vypočtená hodnota vzdálenost v cm	korekce (mm)
10 mm	12 (C) ₁₆	1	-0.16
4000 mm	4706 (1262) ₁₆	398 (18E) ₁₆	-11.9
20 mm	24 (18) ₁₆	2	-3.4

Vypočtená vzdálenost v cm bude prezentována jako devítibitové binární číslo.

Nesmíme zapomenout inicializovat výstup outTrig do nuly příkazem

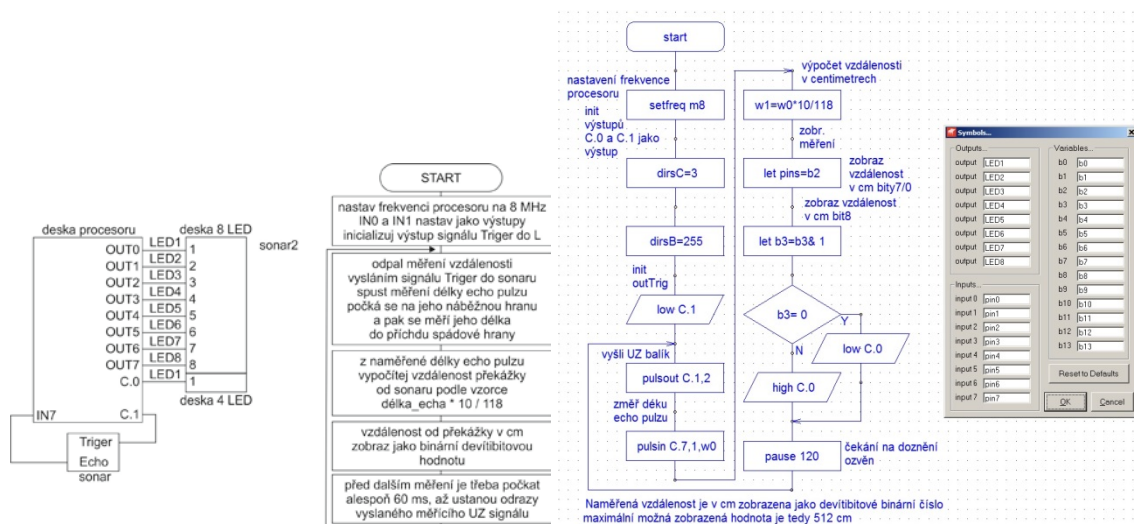
low C.1

Další měření můžeme provádět nejméně za 60 ms, až dozní odrazy z předchozího vysílání. Musíme před další měření použít instrukci čekání 60 ms

pause 120

Poznámka: instrukce pause má parametr, který udává čekání v ms pouze při kmitočtu hodin 4 MH. Při 8 MHz je hodnota v půlkách ms.

Ukažme si nyní příklad měření vzdálenosti sonarem se zobrazením výsledku v binárním kódu.



Zdroj: sonar1

Výsledek měření délky echopulzu je v pětkách mikrosekund. Potřebujeme-li jej vyjádřit v centimetrech. Přepočítání, jak již víme, je délka_echa * 10/118. Na vývojovém diagramu vidíme, že výsledek měření vzdálenosti v cm je v registru slova w1. V registru b3 je 9. bit, v registru b2 spodních 8 bitů naměřené vzdálenosti. Program zobrazuje naměřenou hodnotu v binárním kódu. Odečítání naměřené hodnoty je tedy pracné a dá počítání.

Přepočítání z délky echopulzu na vzdálenost v centimetrech využívá operaci násobení a dělení. Násobení proto, že basic nedokáže dělit 11.8. Proto délku echopulzu nejdříve vynásobíme deseti a pak dělíme 118, což už basic umožňuje. Mikrokontrolér v assembleru však nedisponuje operací násobení a dělení. Je možné využít pouze operaci osmibitového sčítání, odčítání a negaci.