

Ověření funkčnosti ultrazvukového detektoru vzdálenosti

Plšek Stanislav · Elektrotechnika

06.12.2010



Práce se zabývá ověřením funkčnosti ultrazvukového detektoru vzdálenosti SRF02. Měření bylo provedeno pro různé povrchy (zeď, dřevěný hranol 24 x 16 cm, děrovaný plech). Ověření bylo provedeno pro různé vzdálenosti od překážky (od 20 cm až do 4 m) a pro různé úhly (90°, 120°, 150°). Cílem ověření bylo zjistit spolehlivost, zda je

možno detektor použít pro měření vzdálenosti mezi vzducholodí a předmětem, se kterým hrozí během letu vzducholodi srážka.

1. Úvod

V technické praxi se často setkáváme s případem, kdy potřebujeme bezkontaktně měřit vzdálenost mezi objekty. Obvykle se měření provádí ultrazvukovými detektory vzdálenosti, indukčnostními a kapacitními senzory a optickými metodami. Jako nejvhodnější metoda pro měření vzdálenosti od několika centimetrů do několika metrů se jeví měření pomocí ultrazvukem, protože indukčnostní a kapacitní senzory pracují s malými vzdálenostmi a optické metody jsou nákladnější.

Nicméně i při měření vzdálenosti za pomoci ultrazvuku dochází k několika problémům. Výrazně se projevuje teplota okolního vzduchu, jenž nese ultrazvukové vlny a dalším faktorem, obvykle nejdůležitějším, je schopnost materiálu tyto vlny odrazit. Měření může být ovlivněno i několikanásobným odrazem vlny od okolních předmětů, nejen od předmětu, u nějž se měří vzdálenost. Z těchto důvodů je potřeba ověřit vlastnosti použitého čidla, především schopnost zaznamenat předměty ve správné vzdálenosti. Ověřované čidlo je použito pro zjišťování vzdálenosti autonomně řízené vzducholodi, jenž bude sloužit k výukovým a demonstračním potřebám Fakulty aplikované informatiky.

2. Popis vzducholodi

Pro zmíněné využití byla pořízena vzducholod', která svými rozměry dovoluje použití v budově a má dostatečnou nosnou kapacitu. Vlastnosti vzducholodi jsou následující:

- Plnicí plyn: Helium
- Délka: 2,6 m
- Šířka: 1,45 m
- Objem plynu: 2,7 m₃
- Nosnost: 0,65 kg



Obr. 1: Letící vzducholod'

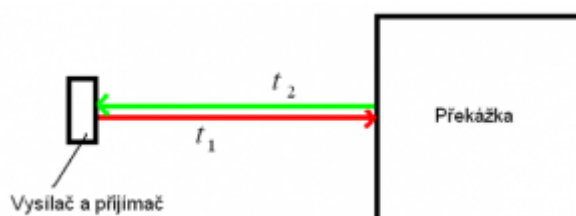
3. Princip měření vzdálenosti ultrazvukem

Měření vzdálenosti pomocí ultrazvuku je bezkontaktní metoda, jež je založena na měření časového intervalu mezi vyslaným pulsem na straně vysílače a přijatým pulsem na straně přijímače. Tato doba je závislá na měřené vzdálenosti od překážky. K tomuto měření lze využít dvou principů: přijímač a vysílač pracují odděleně nebo vysílač a přijímač jsou totožné. Je-li vysílač s přijímačem totožný, lze pro výpočet vzdálenosti použít následující vztah:

$$l = \frac{c \cdot T}{2} \quad (1)$$

kde: c - rychlost šíření zvuku v prostředí [m/s], T - čas mezi vysláním a přijetím ultrazvukového impulsu [s]

Jak je vidět z Obr. 2, čas T je součtem časů, které jsou potřebné k tomu, aby vyslaný impuls dosáhl překážky - t_1 a jako odražený se navrátil zpět - t_2 .



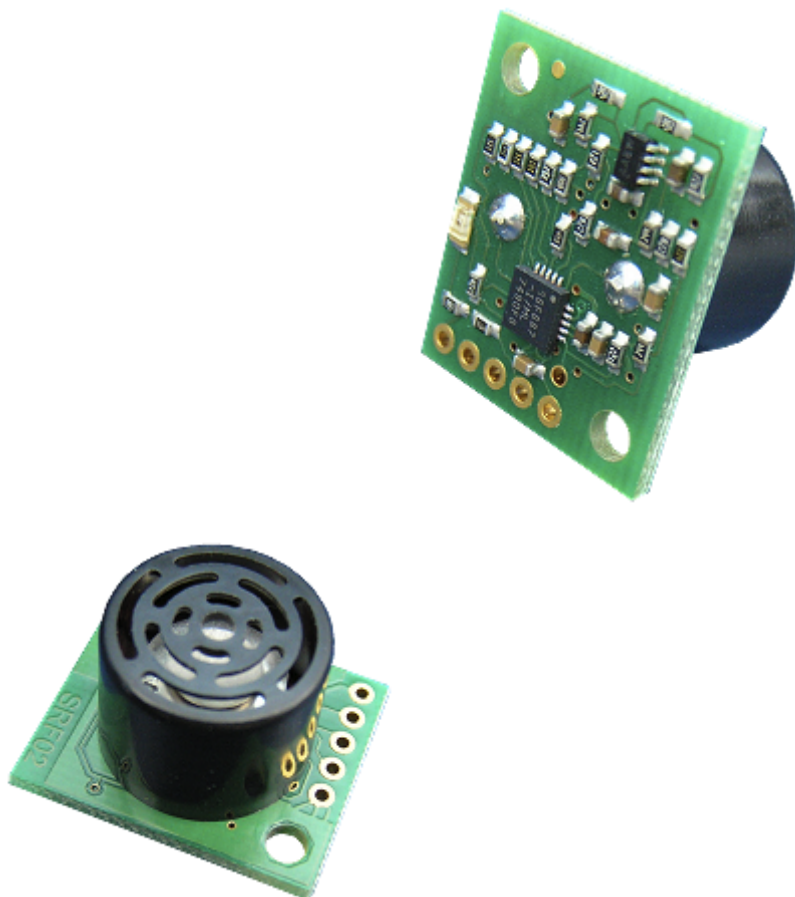
Obr. 2: Princip měření

Rychlost zvuku závisí na mnoha faktorech, jako třeba teplotě, což je vidět v rovnici:

$$c = \left(1 + \frac{1}{2} \gamma \cdot t\right) \sqrt{\kappa \frac{p_0}{\rho_0}} \quad (2)$$

kde: c - rychlost šíření zvuku v prostředí [m/s], γ - koeficient teplotní roztažnosti vzduchu [1/K], t - teplota vzduchu [K], p_0 - tlak vzduchu při 0°C [Pa], ρ_0 - hustota vzduchu při 0°C [kg/m³], κ - Poissonova konstanta [-].

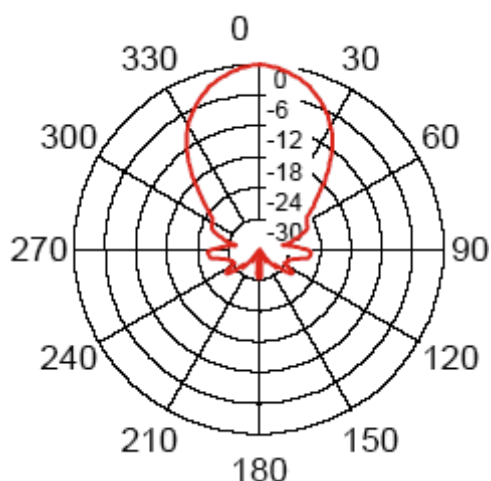
4. Popis čidla SRF02



Obr. 3: Senzor SRF02

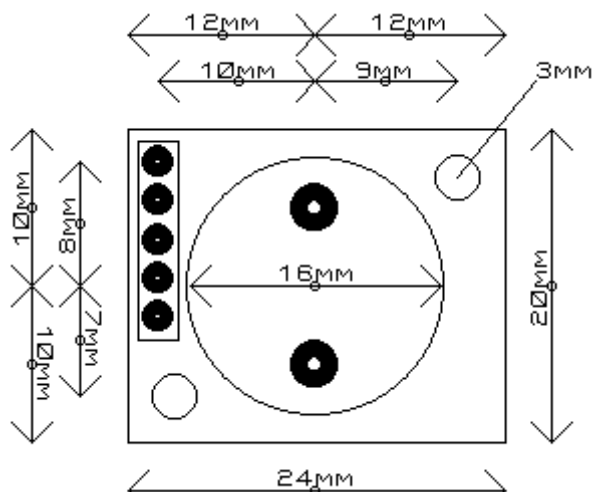
4.1 Základní parametry

Senzor SRF02 je ultrazvukový měřič vzdálenosti, se sdruženým vysílačem a přijímačem v jednom pouzdře. Vzhledem ke sdruženému vysílači a přijímači je minimální měřitelná vzdálenost 16 cm na rozdíl od samostatného provedení vysílače a přijímače. Maximální měřitelná vzdálenost dosahuje hodnoty 6m.



Obr. 4: Vyzařovací charakteristika senzoru SRF02 v db

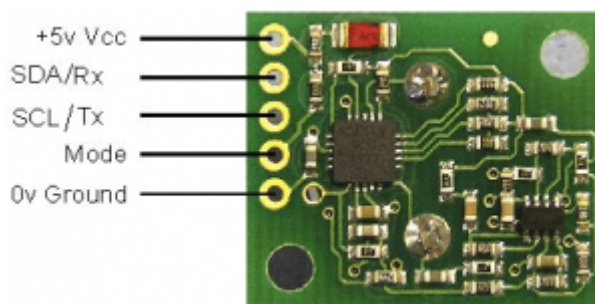
Rozměry senzoru jsou uvedeny na Obr. 5 a jeho hmotnost je 4,6 gramů. Pro komunikaci s mikrokontrolérem lze využít dvou sběrnic, a to RS232 nebo I2C. Dle nastavení můžeme měřit čas v μs , nebo vzdálenost v centimetrech nebo palcích. Senzor vyžaduje napájecí napětí 5 V a jeho odběr je cca 4 mA.



Obr. 5: Rozměry SRF02

4.2 Komunikační rozhraní

Jak bylo uvedeno výše, SRF02 obsahuje dva druhy komunikační sběrnice, a to RS232 s úrovní TTL o rychlosti 9600 baud (1 start bit, 2 stop bity a bez parity) a I²C sběrnici.



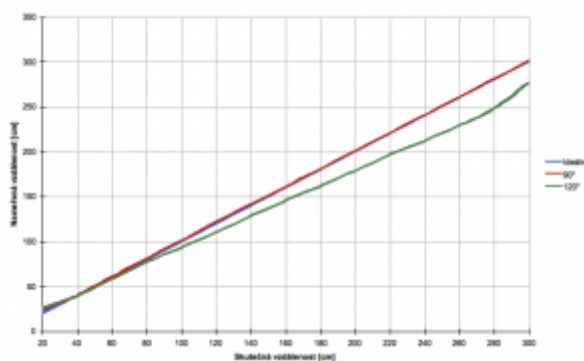
Obr. 6: Zapojení senzoru

Vzhledem k možnosti změnit adresu senzoru na sběrnici I²C lze připojit až 16 ks na jedno rozhraní. Tohoto je využito i v našem případě, kdy je použito 9 senzorů na povrchu vzducholodi. Indikace adresy je provedena po připojení senzoru na napájecí napětí pomocí červené LED. Tato LED taktéž indikuje prováděné měření. Změna komunikačního rozhraní probíhá pomocí pinu Mode dle Obr. 6. Je - li pin zapojen na 0V, používá se RS232 rozhraní.

Při měření za použití I²C sběrnice naměřená data čteme z interních registrů senzoru. Mezi jednotlivými měřeními musíme počkat alespoň 65 ms, abychom získali správný výsledek. Další podrobnosti, jako komunikační příkazy, seznam registrů a způsob změny adresy je uveden v .

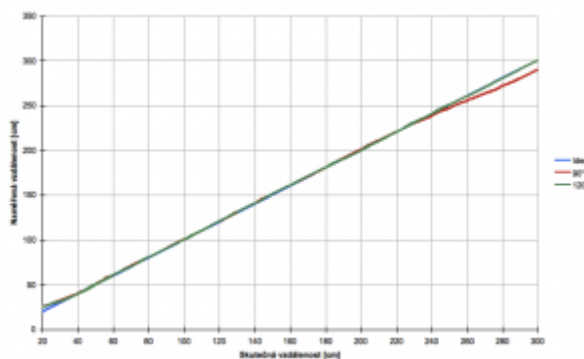
5. Naměřená data

Ověření senzoru bylo provedeno na třech druzích překážkách, a to zdi, dřevěném sloupku 24 x 16 cm a nosném sloupu o průměru 86 cm s perforovaným oplechováním, neboť různé materiály rozdílně odrážejí ultrazvukové vlny. Ověření proběhlo pro úhly 90°, 120°. Vyšší uhly nebylo nutné ověřovat, protože na vzducholodi bude umístěno 9 senzorů. Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze.

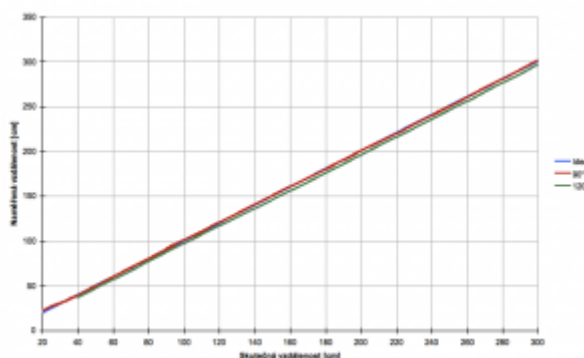


Obr. 7: Naměřená data pro překážku: zed'

Modrá čára na Obr. 7 ukazuje ideální průběh, červená hodnoty pro úhel 90° a zelená pro úhel 120° . Jak je vidět, pro úhel 90° je průběh téměř shodný s ideální charakteristikou, pro úhel 120° již měření není tak přesné. Nižší hodnota bude pravděpodobně způsobena odrazy od zdi v závislosti na směrové charakteristice senzoru. Z Obr. 8 je patrné, že s ideálním průběhem je téměř shodné měření pro úhel 120° , kdežto pro úhel 90° jsou hodnoty mírně odlišné, a to pro vzdálenosti od 240 cm.



Obr. 8: Naměřená data pro překážku: dřevěný sloupek 24 x 16 cm



Obr. 9: Naměřená data pro překážku: nosný sloup s oplechováním

Jak je vidět z Obr. 9, průběhy pro úhel 90° i 120° jsou téměř shodné s ideálním průběhem, tedy kromě vzdálenosti 20 cm pro měření pod úhlem 120° , protože zde senzor nebyl schopen sloup vůbec zaznamenat a naměřil nekonečnou vzdálenost.

6. Závěr

V projektu bylo provedeno několik měření za účelem ověření správné funkce ultrazvukového senzoru SRF02. Ověření bylo provedeno pro měření vzdálenosti proti zdi, dřevěnému sloupku 24 x 16 cm a nosnému sloupu s oplechováním o průměru 86

cm pro úhly 90° a 120°. Bylo zjištěno, že pro úhel 90° pro zeď a nosný sloup senzor naměřil vzdálenosti téměř shodné s lineárním modelem. Pro dřevěný sloupek pod úhlem 90° pro větší skutečné vzdálenosti byly naměřeny nižší hodnoty.

Jak vyplývá ze zobrazených průběhů (viz Obr. 7 až Obr. 9), pro úhel 120° pro zeď je naměřena vždy menší vzdálenost, než byla skutečná. Pro dřevěný hranol je průběh téměř shodný s ideálním a pro nosný sloup taktéž. Vzniklé nepřesnosti budou částečně eliminovány použitím 9 kusů ultrazvukových senzorů SRF02 na povrchu vzducholodi.

Tab. 1: Naměřené vzdálenosti od zdi pro úhel 90°

Č. měření	Vzdálenost pro 90° [cm]							
	20	60	100	140	180	220	260	300
1	24	61	101	140	181	222	261	301
2	23	60	100	141	181	221	261	301
3	23	60	101	141	181	221	260	300
4	22	61	101	141	181	220	260	302
5	23	61	102	142	181	219	261	300
6	22	60	100	141	180	221	261	302
7	22	61	101	141	181	220	261	300
8	22	61	102	141	180	221	260	302
9	23	61	101	141	181	221	261	301
10	23	60	101	142	181	221	261	301
Průměr	22,7	60,6	101	141,1	180,8	220,7	260,7	301
Směr. odch.	0,64	0,49	0,63	0,54	0,4	0,78	0,46	0,77
Minimum	22	60	100	140	180	219	260	300
Maximum	24	61	102	142	181	222	261	302

Tab. 2: Naměřené vzdálenosti od zdi pro úhel 120°

Č. měření	Vzdálenost pro 120° [cm]							
	20	60	100	140	180	220	260	300
1	30	59	94	126	161	196	229	278
2	27	58	93	128	162	196	229	277
3	23	58	92	129	164	197	229	276
4	26	57	92	129	161	195	227	276
5	24	57	95	127	162	196	228	278
6	26	58	92	128	162	196	228	277
7	26	57	94	128	162	196	229	276
8	27	57	93	130	161	197	229	277
9	26	57	93	128	161	197	229	277
10	27	58	94	128	163	197	228	276
Průměr	26,2	57,6	93,2	128,1	161,9	196,3	228,5	276,8

Směr. odch.	1,78	0,66	0,98	1,04	0,94	0,64	0,67	0,75
Minimum	23	57	92	126	161	195	227	276
Maximum	30	59	95	130	164	197	229	278

Tab. 3: Naměřené vzdálenosti od dřevěného sloupku pro úhel 90°

Č. měření	Vzdálenost pro 90° [cm]							
	20	60	100	140	180	220	260	300
1	27	57	100	141	181	220	256	291
2	25	62	100	142	182	221	257	291
3	24	61	100	141	180	221	257	289
4	23	61	100	141	180	220	255	289
5	24	61	101	140	180	219	255	289
6	24	61	100	141	181	220	256	290
7	26	62	101	140	181	221	255	291
8	22	61	100	140	180	221	257	289
9	25	61	101	141	180	221	256	290
10	23	61	100	141	181	220	254	289
Průměr	24,3	60,8	100,3	140,8	180,6	220,4	255,8	289,8
Směr. odch.	1,42	1,33	0,46	0,6	0,66	0,66	0,98	0,87
Minimum	22	57	100	140	180	219	254	289
Maximum	27	62	101	142	182	221	257	291

Tab. 4: Naměřené vzdálenosti od dřevěného sloupku pro úhel 120°

Č. měření	Vzdálenost pro 120° [cm]							
	20	60	100	140	180	220	260	300
1	24	60	100	142	183	221	260	301
2	25	61	100	142	181	220	260	300
3	24	61	99	140	181	220	260	299
4	23	60	100	140	180	220	259	299
5	25	61	99	140	180	220	260	300
6	24	61	99	141	180	220	260	300
7	25	60	99	141	181	220	260	301
8	25	60	100	141	180	219	260	300
9	23	61	101	140	181	220	260	300
10	25	61	102	141	181	220	261	301
Průměr	24,3	60,6	99,9	140,8	180,8	220	260	300,1
Směr. odch.	0,78	0,49	0,94	0,75	0,87	0,45	0,45	0,7
Minimum	23	60	99	140	180	219	259	299
Maximum	25	61	102	142	183	221	261	301

Tab. 5: Naměřené vzdálenosti od nosného sloupu pro úhel 90°

Č. měření	"Vzdálenost pro 90° [cm]"							
	20	60	100	140	180	220	260	300
1	22	61	101	140	180	220	260	301
2	22	61	101	141	180	219	260	301
3	22	59	101	139	180	219	260	300
4	22	60	100	139	180	219	259	301
5	22	59	101	140	181	219	261	301
6	21	59	100	139	180	220	260	301
7	22	59	100	141	180	220	261	300
8	23	60	100	141	179	219	260	302
9	22	61	100	141	179	220	260	301
10	22	58	102	140	179	220	260	301
Průměr	22	59,7	100,6	140,1	179,8	219,5	260,1	300,9
Směr. odch.	0,45	1	0,66	0,83	0,6	0,5	0,54	0,54
Minimum	21	58	100	139	179	219	259	300
Maximum	23	61	102	141	181	220	261	302

Tab. 6: Naměřené vzdálenosti od nosného sloupu pro úhel 120°

Č. měření	"Vzdálenost pro 120° [cm]"							
	20	60	100	140	180	220	260	300
1	Nekonečno	55	96	136	175	215	255	296
2	Nekonečno	58	98	136	175	215	255	296
3	Nekonečno	55	98	136	175	215	255	297
4	Nekonečno	56	97	135	174	216	256	296
5	Nekonečno	58	97	136	176	216	256	296
6	Nekonečno	58	97	135	177	216	255	297
7	Nekonečno	58	97	136	176	215	256	297
8	Nekonečno	57	97	137	177	216	256	296
9	Nekonečno	57	96	137	175	216	257	297
10	Nekonečno	56	96	137	176	216	256	296
Průměr	-	56,8	96,9	136,1	175,6	215,6	255,7	296,4
Směr. odch.	-	1,17	0,7	0,7	0,92	0,49	0,64	0,49
Minimum	-	55	96	135	174	215	255	296
Maximum	-	58	98	137	177	216	257	297

Literatura

1. POSPÍŠILÍK, Martin. ADÁMEK, Milan. Autonomous Airship as a Surrounding Monitor, Proceedings of XXXIV. Seminar ASR '2009 "Instruments and Control", pp 277 - 284,

Ostrava: VŠB-TUO, IV/2009

2. POSPÍŠILÍK, Martin. ADÁMEK, Milan. Autonomous Monitoring System, International Carpathian Control Conference ICCS 2009, Zakopane: 2009
3. VOŘÍŠEK, Josef. Ultrazvukové měření vzdálenosti od překážky. Zlín, 2009. 74 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
4. Ultrazvukové senzory firmy ROBOT electronics [online]. [cit. 25. 4. 2010]. Dostupný z WWW <<http://www.robot-electronics.co.uk>>

Studentská tvůrčí a odborná činnost - STOČ 2010, FAI UTB ve Zlíně
