

Ultrazvuk a senzory SRF02

Neckář Pavel · Elektrotechnika

23.05.2011



Článek popisuje ultrazvuk ve vztahu k bezkontaktnímu měření vzdálenosti a byl sestaven se zdrojů a myšlenek, které jsem při testování se SRF02 senzory použil. Popsány jsou možnosti ovlivnění ultrazvuku pomocí vyzařovací plochy senzorů, která je závislé na definování směrových charakteristik. Následně je uveden senzor

SRF02 s veškerými parametry, typy zapojení a hexadecimálním popisem pro přeadresování čidla. V textu je uveden převodník USB-I2C, který zabezpečuje komunikaci mezi PC a senzory SRF02, za pomoci sběrnice I2C.

Definice ultrazvuku

Ultrazvukem je nazýváno akustické vlnění, jehož frekvence leží nad hranicí slyšitelnosti. Mezní hodnota frekvence pro toto akustické vlnění je tedy udána hodnotou 20kHz. Ovlivnitelné vlastnosti tohoto vlnění spadají do závislosti na intenzitě (velikost intenzity ultrazvuku určuje ultrazvukovou energii), amplitudě výchylky a frekvenci kmitů, dále je ultrazvuk ovlivněn i vlastnostmi prostředí, ve kterém se šíří [1].

Ultrazvuková energii

Aktivní ultrazvuk - pracuje s velkými intenzitami, přibližně nad $0,5 \times 10^4 \text{ W/m}^2$. Může obrábět a čistit součásti, vrtat a svařovat materiály, ale používá se i v lékařské terapii.

Pasivní ultrazvuk - zahrnuje všechny oblasti použití, kde ultrazvukové vlnění dosahuje takovou intenzitu, která nevyvolává žádné fyzikální změny v prostředí. Pasivní ultrazvuk se svými malými intenzitami je vhodný pro měřicí a diagnostické účely.

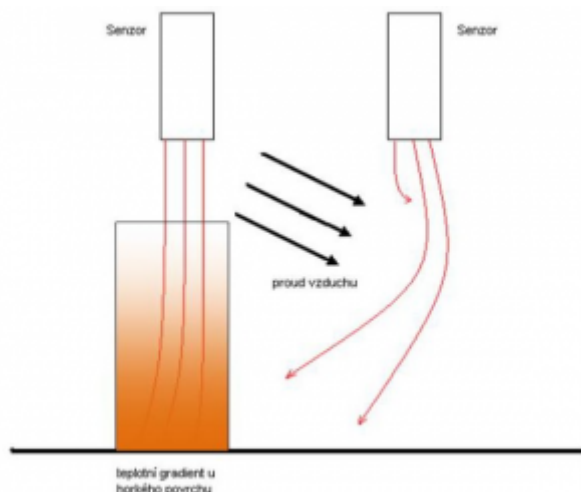
Vlivy proudění vzduchu na vlastnosti ultrazvukových senzorů [2]

Rychlost šíření zvuku v suchém vzduchu při teplotě 0 °C má hodnotu 331,6 m/s. S rostoucí teplotou rychlost zvuku roste. Při teplotě 20 °C vzroste rychlost na 343,8 m/s a to je téměř o 4 % větší rychlost zvuku než při 0 °C. Pokud je tedy teplota v oblasti měření stejná, stačí teplotu změřit a chybu korigovat. Některé ultrazvukové senzory mají kompenzaci vlivu teploty zabudovánu.

I když ultrazvukový senzor teplotní chybu kompenzuje, některé vlivy vyloučit nelze. Například, je-li ultrazvukový senzor vystaven přímému slunečnímu záření a vestavěný

snímač teploty se ohřeje nad teplotu okolí, potom se výstupní údaj vlivem kompenzace zkreslí. Nepřesnosti vzniknou také tehdy, když teplota v prostoru mezi senzorem a detekovanou překážkou strmě roste nebo klesá.

Další rušivý jev nastává při lokálních změnách vlastností vzduchu. Lokální rozdíly teploty vytvářejí teplotní gradienty, ve kterých se zvuková vlna ohýbá a přesnost měření klesá. Důsledkem lokálních rozdílů tlaku je proudění, které deformuje nebo úplně rozbíjí zvukovou vlnu, jak je znázorněno na Obr.1.



Obrázek 1 Ovlivnitelnost ultrazvukové detekce teplotními vlivy a vlivem proudění

Principy ultrazvukového měření

Ultrazvukové měření je prováděno bezdotykovým měřením. Princip měření vzdálenosti k překážce je založen na principu měření doby mezi vysláním ultrazvukového signálu z vysílače a jeho detekcí na straně přijímače. Doba mezi vysláním a přijetím ultrazvukového signálu je úměrná vzdálenosti vysílače od detekovaného předmětu. K měření vzdálenosti se využívá především dvou principů. První je oddělený zdroj signálu a senzoru, druhý využívá spojeného zdroje signálu se senzorem.[3]

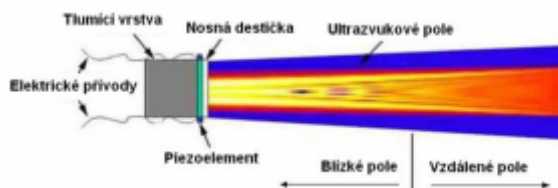
Nejstarší měřicí způsob je metoda průchodová s oddělenou vysílací a přijímací sondou. Jedná se o zjišťování doby průchodu ultrazvukových vln vyšetřovaným prostředím. Jsou to dvě sondy, z nich jedna vysílá a druhá přijímá ultrazvukové vlny. Sondy jsou upevněny souose na protilehlých stranách vyšetřovaného prostředí.

Další metoda impulsová odrazová, kde může být v jedné sondě vysílač a přijímač ultrazvuku. Ultrazvuková sonda vysílá krátké impulsy, které se vracejí po odrazu zpět. Odražené impulsy se vracejí buď do téhož elektroakustického měniče v sondě, nebo do samostatné přijímací sondy.

Vyzařovací diagram ultrazvukové sondy

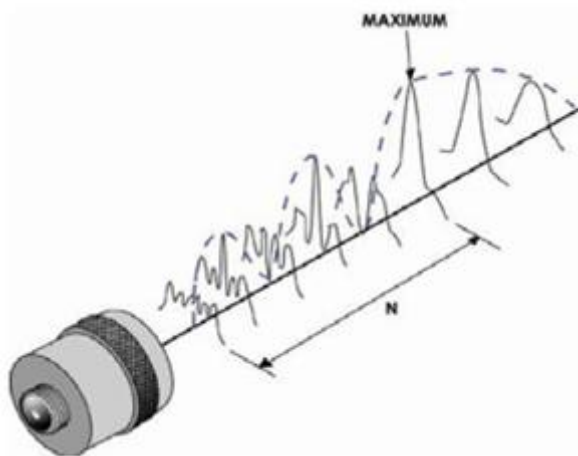
Jedním z nejdůležitějších parametrů ultrazvukového senzoru, kterým se sonda podílí na konečné geometrické rozlišovací schopnosti ultrazvukového zobrazovacího systému, je tvar vyzařovacího diagramu sondy. [4] Ultrazvukové pole, které je generováno měničem, je možno z obecného pohledu rozdělit na dvě základní oblasti; tzv. blízké a vzdálené pole. Rozdělení pole na blízkou (Fresnelovu) a vzdálenou

(Fraunhoferovu) oblast je dáno průběhem akustického tlaku v ose měniče. [4] Ultrazvukové pole je vyzařováno celou plochou piezoelementu (piezokrystalu). V blízkém poli proto dochází ke konstruktivní či destruktivní interferenci, jak je vidět na obrázku:



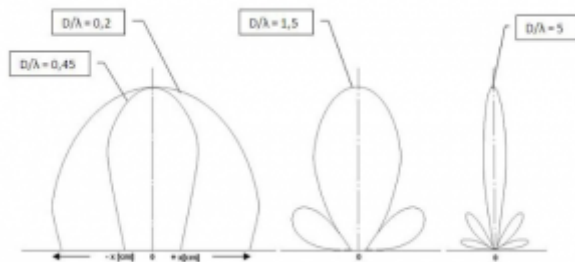
Obrázek 2 Zobrazení intenzity vyzařovaného ultrazvukového pole [4]

Propady v intenzitě v blízkém poli, jejíž pokles je v obrázku znázorněn od světlých barev ke tmavým, vylučují využití této oblasti pro testovací účely. Ve vzdáleném poli, které začíná přirozenou fokusací svazku ve vzdálenosti N , viz obrázek 2, se vyzařované pole rozšiřuje a jeho amplituda se vzdáleností klesá. Difrakce neboli rozšíření vyzařovaného pole je závislá na průměru měniče a na vyzařované frekvenci. Rozšíření svazku roste se snižováním frekvence a klesá s růstem průměru měniče. Vliv má i rychlost šíření vlny v daném prostředí. Dostatečná znalost vyzařovaného pole je základem pro pochopení informace získané z ultrazvukových signálů. Vyzařovací charakteristiky ultrazvukových měničů lze účelně přetvářet kulovou nebo válcovou fokusací.



Obrázek 3 Rozložení ultrazvukového tlaku ve směru kolmém na osu kruhového měniče

Tvar teoretických směrových charakteristik kruhových měničů závisí na poměru D/λ , tedy vlastně poměru průměru měniče D k jeho tloušťce. Směrovější budou charakteristiky pro vyšší hodnoty D/λ . Poloha i tvar postranních laloků vyzařovacího diagramu závisí na zvoleném způsobu tlumení měniče v samotné sondě a kvalitě jeho akustické vazby na sledovaném prostředí [4].



Obrázek 4 Změna tvaru směrové charakteristiky měniče v závislosti na jeho geometrických rozměrech

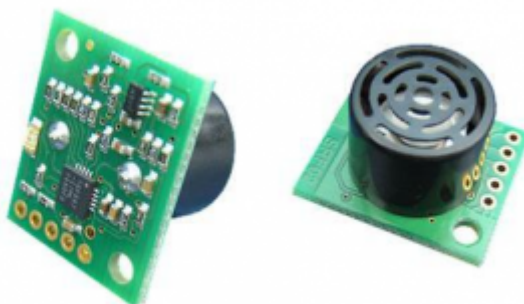
Hlavní lalok směrové charakteristiky je vymezen úhlem $\pm\vartheta$, pro který platí [4]:

$$\sin\vartheta = 1.22 \frac{\lambda}{D} [-]$$

Tento vztah je označován jako Fraunhoferova formule, z které vyplývá pro diagnostické účely důležitý závěr: vybereme-li pro danou aplikaci sondu vhodného průměru (1 – 30 mm), můžeme směrovou charakteristiku ovlivnit volbou pracovní frekvence (1 – 16 MHz) použitých měničů v sondách.[4]

SRF02 ultrazvukový senzor

SRF02 podporuje přenos jak přes rozhraní RS232 tak i I2C. Rozhraní RS232 je vybaveno standardním formátem úrovně TTL UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), které je nastaveno na 9600 baudů, 1 start bitu, 2 stop bitů a není zde použit paritní bit. Použití interních funkcí u tohoto senzoru umožňuje vysílání impulsu bez očekávání potvrzení od nadřazeného systému a bez očekávání na příjem odraženého signálu. Minimální měřicí rozsah je nastavitelný v mezích 17 až 18 cm v teplém prostředí. V chladnějším prostředí klesají tyto hodnoty na 15 – 16cm. U tohoto ultrazvukového senzoru pak můžeme nastavovat měření v mS, cm nebo v palcích [5].

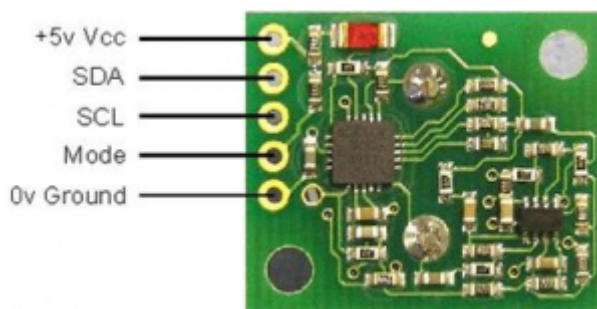


Obrázek 5 Ultrazvukový senzor SRF02

Jak již bylo zmíněno výše, senzor podporuje dva typy komunikačních rozhraní a to podle připojení pinu s názvem MODE. Pokud má být senzor připojen k PC pomocí RS 232 je MODE pin zároveň připojen k pinu s názvem 0V Ground. Pokud se jedná o použití sběrnice I2C bude, pin MODE ponechán volný bez jakéhokoliv připojení.

I2C provozní mód – ponechání pinu MODE bez připojení, je doporučeno a to z důvodu, že je tento pin osazen pull-up rezistorem. Piny SCL a SDA jsou také osazeny pull-up rezistory a to s garancí 5V. Samozřejmě z principu použití I2C je vždy těmito rezistory vybaven Master systém, při použití tohoto systému v obvodu rozhraní nesmí být pro

správnou funkčnost tyto rezistory zdvojeny. Pro tento typ ultrazvukových senzorů je vždy charakteristické využití jako Slave systémy [5].



Obrázek 6 Pohled na spodní část plošného spoje SRF02 [5]

Registry senzoru RSF02

Pro nastavování ultrazvukového senzoru je vyhrazeno 6 registrů dle lokace:

- Lokace 0 - tento registr není možné číst, slouží ke spouštění měřicí sekvence.
- Lokace 1 - je nepoužívaná část definovaných registrů
- Lokace 2 a 3 - tyto 16 bitové registry obsahují výsledky z posledního měření. Uložené hodnoty mají situovanou posloupnost, kde v Lokaci 2 je uložen vždy vyšší první byte. Hodnota tohoto registru záleží na zvoleném typu měření (cm, palce nebo časová prodleva). Pokud hodnota v těchto registrech je nulová, znamená to nenalezení žádného předmětu v měřeném poli dosahu. V měření, kdy je použito zjišťování časové prodlevy nesmí být použita hodnota nižší než 65mS, docházelo by k přepisování této hodnoty rychleji než k jejímu změření.
- Lokace 4 a 5 - hodnoty v těchto registrech obsahují minimální nastavenou hranici měření. Výpočetní algoritmus však dokáže tyto hodnoty kalibrovat automaticky podle teploty okolí a to v 5 nebo 6 cyklech měření. Lze však tyto hodnoty nastavit i manuálně.

Ovládací příkazy pro senzor

Slouží především k specifikaci měření a nastavení adresy ultrazvukového senzoru. Dále obsahují typ nereálného měření, který může být využit ve chvíli, kdy je vyslán impuls jiným senzorem. Pokud by nedošlo k vytvoření tohoto nereálného měření, existuje vysoká pravděpodobnost ovlivnění s právě vysílaným impulsem reálným s jiného senzoru.

Tab 1 Přehled příkazů senzoru [5]

Příkazy		Specifikace
Decimal	Hex	
80	0x50	Reálné měření - výsledek v palcích
81	0x51	Reálné měření - výsledek v centimetrech
82	0x52	Reálné měření - výsledek v mikrosekundách
86	0x56	Nereálné měření - výsledek v palcích
87	0x57	Nereálné měření - výsledek v centimetrech
88	0x58	Nereálné měření - výsledek v mikrosekundách

92	0x5C	Vysílání při 40kHz v 8 cyklech
96	0x60	Restartování automatické kalibrace senzoru na blízkou vzdálenost.
160	0xA0	První sekvence ke změně adresy
165	0xAA	Druhá sekvence ke změně adresy
170	0xA5	Třetí sekvence ke změně adresy

Měření vzdálenosti

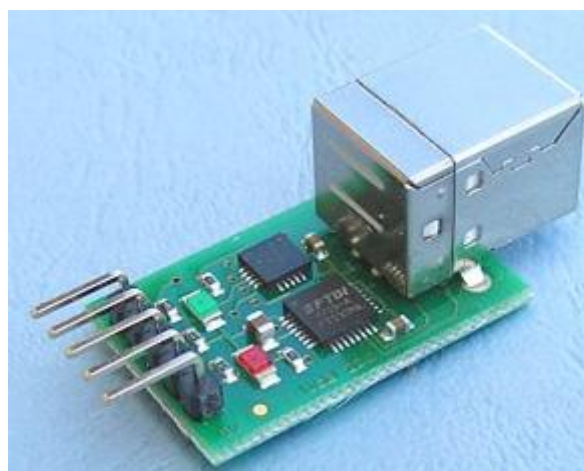
K inicializaci měření, je nutné odeslat s nadřazeného systému příkaz do registru v Lokaci 0 a vyčkat časový usek vyšší než 65mS. Časová prodleva je zde vyžadována z důvodu nutného časového zpoždění po dobu měření. Po této době pak lze číst hodnoty z Lokace 2 a 3, které určují vzdálenostní hodnoty od bodu měření.

Změna adresy na sběrnici I2C

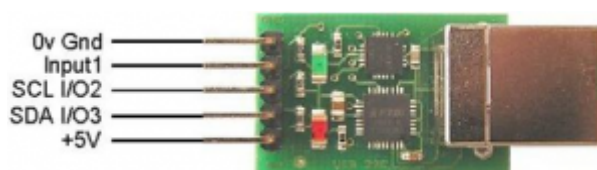
Všechny ultrazvukové senzory typu SRF02 jsou továrně přednastaveny na adresu 0xE0. Pokud je nutné připojit více senzorů na jednu datovou sběrnici, musíme u všech těchto senzorů změnit jejich přednastavenou adresu. Postupným připojením senzorů a odesláním příkazu pro změnu adresy s novým zadáním adresy, zabezpečíme celý proces proti možné datové kolizi (př. 0xA0, 0xAA, 0xA5, 0xF2).

USB - I2C komunikační modul pro senzory SRF02

Tento komunikační modul zprostředkovává veškerou komunikaci mezi ultrazvukovými senzory a nadřazeným systémem, počítačem. Modul v rámci I2C se chová jako Master jednotka. Je propojen s PC pomocí USB kabelu veškerou odebíranou energii čerpá z portu USB tzn. 70mA a 5V [6].



Obrázek 7 USB - I2C komunikační modul [6]



Obrázek 8 Popis kontaktů modulu USB-I2C [6]

0V Gnd - tento pin musí být propojen do ultrazvukového senzoru v místě stejného

označení, nebo popisu 0V Ground na I2C sběrnici.

Input 1 – slouží k procesovému resetu při továrním sestavením a následné využití je minimální. Tento pin však lze použít i jako vstupní, jelikož na jeho vstupu je připojen pull-up rezistor.

SCL a SDA – tyto piny tvoří hlavní části I2C sběrnice. Musí být propojeny se stejnými piny nalézajícími se na ultrazvukových senzorech s podporou I2C rozhraní. Na jejich vstupech jsou vloženy pull-up rezistory pro správnou funkčnost zařízení.

+5V – určuje místo napájení pro jednotlivé senzory. Podstatou je, že v případě propojení tohoto pinu s piny na desce senzoru je veškerý elektrický proud a napětí dodáváno s USB portu, ke kterému je zařízení připojeno. Při použití více ultrazvukových senzorů musí být tento pin propojen se zdrojem elektrické energie, který dokáže pokrýt odběry proudu jednotlivých senzorů.

Závěr

Článek se věnuje problematice ultrazvuku a ultrazvukovým senzorům typu SRF02. Ultrazvuk je v dnešní době používán v různých technologických procesech. Celkové využití a nasazování této technologie stále roste a to ve velké míře hlavně v neinvazivních systémech, které nijak neovlivňují prostředí, do kterého vyzařují. Postupem času lze dále očekávat využití jiné technologie tvorby ultrazvukové vlny než za pomoci piezokrystalů a odfiltrování slepých polí způsobených dokmitem krystalů.

Poděkování

Tento článek vznikl za podpory grantu IGA Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulty aplikované informatiky, číslo IGA/47/FAI/10/D a Evropského Fondu pro Regionální Rozvoj při projektu CEBIA-Tech No. CZ.1.05/2.1.00/03.0089.

Seznam použité literatury

1. Švehla, Š., Figura, Z.: Ultrazvuk v technológii. Západoslóvenské tlačiarne, Bratislava, 528 s., 1984, 1. vydanie, 63-482-84
2. FCC Průmyslové systémy: Ultrazvuková čidla pro měření průtoku v otevřených profilech [online]. [cit. 2009-04-20]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28345>
3. Obraz, J.: Ultrazvuk v měřicí technice. Nakladatelství technické literatury, Praha 1976, 480 s., 1. vydání, 04-231-76
4. BÁLEK R., ÚVOD DO AKUSTIKY – Ultrazvuk, text k přednáškám, ČVUT, Praha, 2007
5. Robot electronics: SRF02 Ultrasonic range finder [online]. [cit. 2011-03-22]. Dostupný z <<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf02tech.htm>>
6. Robot electronics: USB-I2C USB to I2C Communications Module [online]. [cit. 2011-03-22]. Dostupný z <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/usb_i2c_tech.htm>

