

ULTRASONIC DISTANCE MEASUREMENT

Michal Giemza

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xgiemz00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Sedláček

E-mail: xsedla44@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This thesis describes the design of the ultrasonic distance meter. It is discussed about the principle of distance measurement using ultrasound and about physics laws that occur during the measurement. Was selected an appropriate measuring method. The last part describes the analysis of the individual functional blocks including operation of the graphical display.

Keywords: ultrasound, distance meter, microcontroller, graphic display.

1. ÚVOD

Tato práce popisuje návrh měřiče vzdálenosti pracujícího na ultrazvukovém principu. Plánované použití měřiče je jako laboratorní přípravek sloužící k demonstraci možností ultrazvukového měření, seznámení se s jeho vlastnostmi, výhodami a nevýhodami. Tomu odpovídá i zobrazení naměřených výsledků na grafickém displeji, na kterém se uživatelovi zobrazí průběh měření. Velkou výhodou měření na tomto principu je, že měření probíhá bezkontaktně. Také realizace ultrazvukového měřiče je relativně jednoduchá a levná. V praxi jsou měřiče na tomto principu velmi rozšířené zvláště v automatizaci, a nejčastěji slouží ke kontrole, zda se daný objekt nachází v požadované pozici (např. skleněná láhev na výrobní lince).

2. ULTRAZVUKOVÉ MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI

Měření vzdálenosti pomocí ultrazvukové metody spočívá na principu, kdy měřič vyšle ultrazvukový signál do měřeného prostoru a měří čas, dokud nedojde k zpětnému odrazu tohoto signálu od měřeného objektu (tzv. echo) a jeho detekce měřičem [1]. Pro realizovaný měřič se předpokládá měřicí rozsah od 10 cm až do 1 m, což je pro laboratorní využití dostačující.

2.1. FYZIKÁLNÍ ZÁKONY A ULTRAZVUK

Ultrazvuk je lidským uchem neslyšitelné akustické vlnění. Kmitočet tohoto vlnění se pohybuje od 20 kHz až k 1 GHz [2]. Platí pro něj stejná pravidla jako pro vlny ve slyšitelném pásmu. Zvuk vzniká díky chvění hmoty (vysílač) a toto chvění je předáváno hmotným částicím v prostředí, tedy v našem případě ve vzduchu. Vznikne postupné vlnění podélné, částice kmitají ve směru šíření vlnění a postupují v prostředí (formou kulových vlnoploch) rychlosti šíření zvuku c , [1]. Tato hodnota je velmi důležitá pro měření, nejedná se ale o konstantní hodnotu, její velikost závisí na mnoha parametrech, například na tlaku, vlhkosti, teplotě ale i na složení vzduchu, jak lze vidět v rovnici (1) [3], kde p_0 je tlak vzduchu při 0°C , ρ_0 je hustota vzduchu při teplotě 0°C , t je teplota ve stupních Celsia, $\gamma = 1/273 \text{ [K}^{-1}\text{]}$ je činitel objemové roztažnosti plynu a κ je Poissonova konstanta a je pro dvouatomové plyny (vzduch) rovna 1,4. Nejvýraznější vliv na změnu c má teplota prostředí a lze ostatní parametry zanedbat, proto je možné výpočet c zjednodušit na rovnici (2). Pro dosažení co nej přesnějšího měření proto bude měřič měřit teplotu prostředí a kompenzovat tím tuto chybu.

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

$$c = 331,6 + 0,61 \cdot t \quad (2)$$

Další důležitou vlastností zvuku je jeho zeslabení ve vzduchu. Intenzita zvuku ubývá se čtvercem poloměru kulové vlnoplochy, tedy amplituda zvuku klesá lineárně se vzdáleností od zdroje kvůli ztrátám v prostředí. Čím nižší je kmitočet, tím menší ztráty [3]. Proto je vhodné používat ultrazvukové měniče s nižším pracovním kmitočtem (40 kHz).

2.2. MĚŘÍCÍ METODA

Měření je založeno na měření doby odezvy (echa) od měřeného objektu, tzv. reflexní metoda. Měří se interval mezi vysláním signálu a detekcí echa. Z této prodlevy a ze známé rychlosti šíření zvuku ve vzduchu (teplotně kompenzované (2)) lze snadno podle rovnice (3) spočítat vzdálenost měřeného objektu.

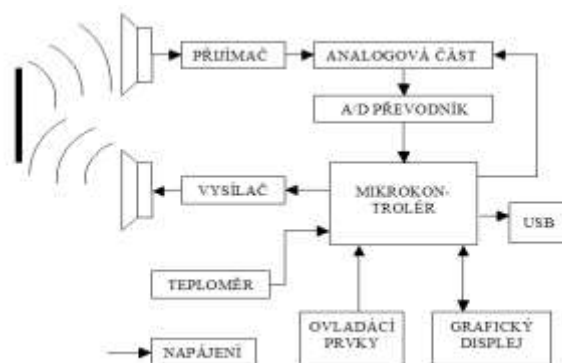
$$l = \frac{c \cdot t}{2} \quad (3)$$

Z pracovního kmitočtu měniče lze určit vlnovou délku, v našem případě se jedná o centimetrové vlny, s čímž souvisí mezní rozměry předmětů, které lze měřičem detekovat.

V měřiči je použita dvojitá měřicí metoda, tedy měřič obsahuje vysílač i přijímač. Tato metoda umožňuje měřit menší vzdálenosti na rozdíl od jednoduché metody (jeden měnič pracující jako vysílač i přijímač zároveň). Jsou použity dva měniče Bestar BPU-1640 [4].

2.3. ROZBOR FUNKČNÍCH BLOKŮ

Na obrázku 1 je zobrazeno blokové schéma realizovaného měřiče.



Obrázek 1: Blokové schéma měřiče vzdálenosti

Celý měřič je řízen mikrokontrolérem, který jednak řídí celý měřicí proces, ale také ukládá naměřená data a zobrazuje je na displeji. Také obstarává komunikaci s počítačem pomocí USB sběrnice. Použitý je osmibitový mikrokontrolér z rodiny AVR s RISC architekturou, konkrétně ATMega64.

Dalším blokem je vysílací část. Mikrokontrolér generuje hodinový signál 40 kHz, kterým je dále pomocí výkonových inverterů buzen v protifázi (kvůli vyššímu výkonu) ultrazvukový vysílač. Odražený ultrazvukový signál je detekován přijímačem. Následující analogová část signál nejprve zesílí na dostačující úroveň. Následuje usměrňovač s operačními zesilovači, který signál dvojcestně usměrní. Tento signál je dále filtrován a výsledkem je stejnosměrné napětí (efektivní hodnota střídavého napětí) úměrné intenzitě přijatého signálu.

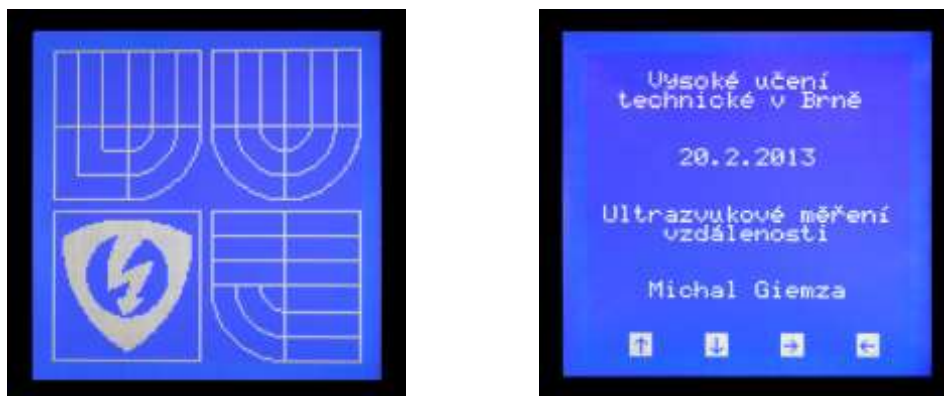
Stejnoseměrné napětí je převedeno pomocí A/D převodníku na číslicovou hodnotu, kterou zpracuje mikrokontrolér. A/D převodník je použitý integrovaný v mikrokontroléru, má rozsah 10 bitů a je dostatečně rychlý a přesný pro dané použití. Jako teploměr je použité čidlo LM35. Výstupní napětí z čidla je přímo úměrné teplotě a je přivedeno na volný vstup A/D převodníku. Komunikaci s počítačem zajišťuje obvod FT232, jedná se o převodník sériové linky na USB sběrnici.

2.4. GRAFICKÝ DISPLEJ

Jako zobrazovací jednotka byl použitý grafický displej MSG128128A s řadičem T6963C. Zobrazovací plocha je 128×128 bodů, což je pro daný účel dostačující.

Displej lze provozovat buďto v grafickém nebo textovém režimu, případně je libovolně kombinovat. K řadiči je připojená 2 kB paměť, která je rozdělená na tři oblasti - grafickou, textovou, kde jsou uloženy znaky ASCII tabulky a oblast pro uživatelské znaky. Pokud uživatel chce data zobrazit na displeji, jednoduše do dané oblasti data zapíše a ty se na něm zobrazí.

Pro usnadnění práce s tímto displejem napsána knihovna pro obsluhu displeje umožňující kreslit jednoduché obrazce, vykreslit bitmapy, zobrazovat text a generovat vlastní znaky (důležité u české diakritiky). Jak vypadá výsledek na displeji je zobrazeno na obrázku 2.



Obrázek 2: Ukázka zobrazení v grafickém a v textovém režimu

3. ZÁVĚR

Výsledkem této práce je podklad pro návrh ultrazvukového měřiče vzdálenosti. Z fyzikálního hlediska bylo zjištěno, že pro zvýšení přesnosti je nutné měřit teplotu okolí a podle ní přepočítat aktuální rychlost šíření zvuku ve vzduchu. Měřicí metoda je zvolena dvojitá, tedy oddělený vysílač a přijímač kvůli rozšíření měřicího rozsahu, hlavně jeho spodní hranice. Dále je popsáno blokové schéma celého měřiče a rozebrány jeho jednotlivé části. Zvláště důležitá je úprava přijatého signálu do vhodné podoby tak, aby byl měřitelný pomocí A/D převodníku. Pomocí USB rozhraní je možné posílat naměřená data do počítače k jejímu dalšímu zpracování.

Výsledkem práce je návrh měřiče, ověření funkčnosti jednotlivých bloků obvodu měřením a hotová knihovna pro obsluhu grafického displeje. Práce pokračuje v návrhu desky plošných spojů, její realizaci a osazení, a finální vývoj programového vybavení pro mikrokontrolér.

REFERENCE

- [1] ĎAĎO, Stanislav; BEJČEK, Ludvík; PLATIL, Antonín. *Měření průtoku a výšky hladiny : Senzory neelektrických veličin – Svazek 3*. 1. vydání. Praha : BEN - technická literatura, 2005. 448 s. ISBN 80-7300-156-X.
- [2] GIEMZA, M. *Ultrazvukové měření vzdálenosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 31 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Jiří Sedláček.
- [3] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. 1. vydání. Praha : BEN - technická literatura, 2004. 199 s. ISBN 80-7300-114-4.
- [4] BESTAR ELECTRONICS CORP., Jiangsu. [cit. 2012-04-16]. BPU1640IOAWH12, ultrasonic sensor. 9s. Dostupný z WWW: < <http://www.bestartech.com/documents/PDFs/BPU-1640IOAWH12.PDF.pdf>>.