

## Riešenie snímania neelektrických veličín mobilných robotov a detekcie prekážok pomocou Argos3D – P100

Ondrej TAKÁČ<sup>1</sup> -- Krisztina CZAKÓOVÁ<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Nowadays, the application of units at mobile robotics is used more often in many areas and sectors of the economy. Their application does not only mean the automatization of directing, but it requires the knowledge of the environment and its status and the knowledge of non – electrical magnitudes closely connected with it. In our work we aim for the scanning of temperatures, humidity, atmospheric pressure and the intensity of lighting. Navigation plays a key role in many systems, especially in autonomous systems. We cannot claim that only one navigation method is sufficient to achieve accurate navigation and positioning of mobile devices. The use of several methods increases the accuracy of navigation as well as the accuracy of determining the current position in the selected coordinate system. In our paper we also will focus on 3D ToF camera from Bluetechnix.

**KEYWORDS:** robotics, data storage, communication, scanning non - electrical magnitude, ToF.

### ÚVOD

Aplikáciou mobilnej robotiky v rôznych oblastiach hospodárstva zvyšujeme produktivitu aj presnosť špecifického výrobného procesu. My sme sa zamerali na snímanie vlastností okolia a možnosť detekcie prekážok pomocou ToF kamery. Medzi neelektrické vlastnosti radíme teplotu okolia, vzdušnú vlhkosť, svetelné podmienky a atmosférický tlak. Tieto namerané veličiny potrebujeme spracovať a na dostatočnú dobu uložiť. S tým je spojená aj potreba evidencie času merania a skutočnosť, že namerané dáta musia byť k dispozícii pre vyhodnotenie v správnom formáte a tvare pre ďalšie využitie.

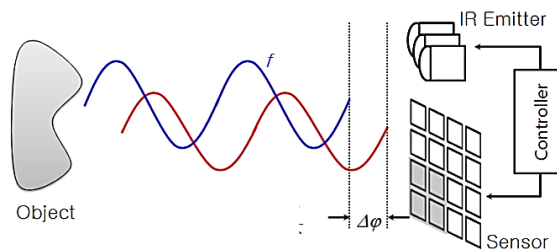
### MATERIÁL A METÓDY

V prvom kroku sme sa zamerali na využitie dát ToF kamery a následne snímanie neelektrických veličín ako teplota, vlhkosť a pod. Time of Flight 3D kamery vytvárajú obraz, na ktorom každý pixel predstavuje vzdialenosť k objektu pred kamerou – vytvárajú teda akúsi hĺbkovú mapu. Sú vybavené vlastným zdrojom svetla blízkeho infračerveným vlnovým dĺžkam. Kamera meria čas, ktorý uplynie medzi vyslaním svetelného lúča až k jeho detekcii odrazeného od objektov. Ten sa zvyčajne vyhodnocuje pomocou fázového posuvu. Veľkou výhodou kamery je, že nie je treba pohyb ani kamery ani zdroja svetelného lúča, ako je tomu u iných metódach. Princíp činnosti ilustruje obrázok č. 1.

---

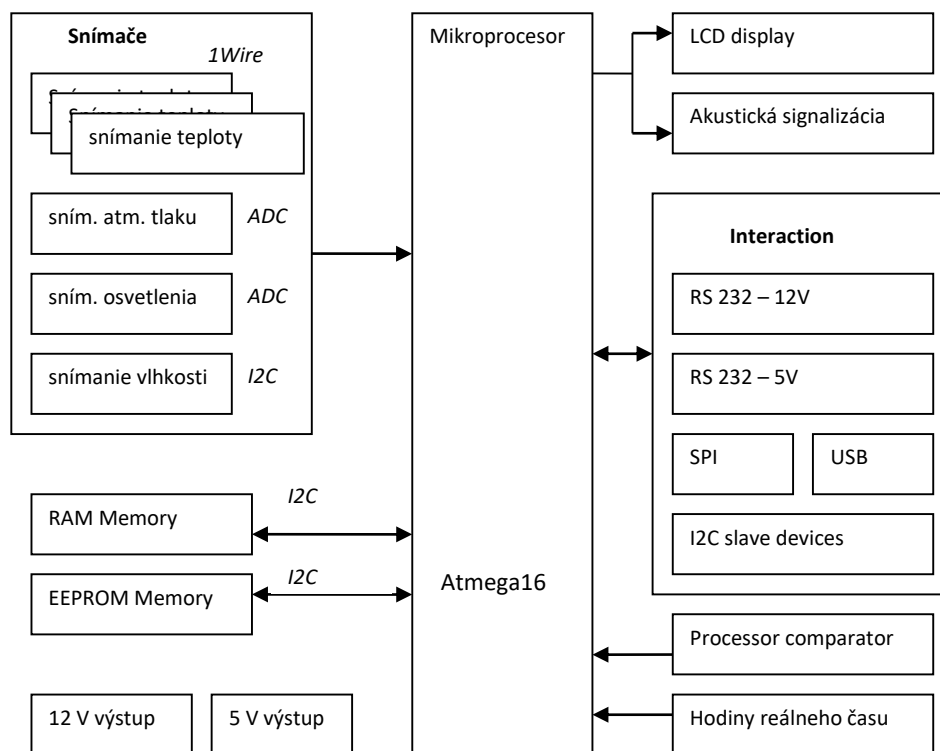
<sup>1</sup> Ing. Ondrej Takáč, PhD., Katedra informatiky, Univerzita J. Selyeho, [takaco@ujss.sk](mailto:takaco@ujss.sk)

<sup>2</sup> PaedDr. Krisztina Czaková, PhD., Katedra informatiky, Univerzita J. Selyeho, [czakov@ujss.sk](mailto:czakov@ujss.sk)



Obr. č. 1 Princíp činnosti kamery ToF. [4]

Červená farba predstavuje infračervenú vlnu vyžarovanú kamerou. Modrá vlna predstavuje odrazenú vlnu. Rozdiel  $\Delta\phi$  je vlastne nositeľom informácie o vzdialenosti objektov snímaný pixlovou maticou snímača. [1][2][3][4] Argos 3D – 100 je hĺbková ToF kamera vybavená čipom PMD PhotonICs® 19k-S3 Time of Flight a vyvinula ju spoločnosťou Bluetechnik. Pomocou aktívneho IR osvetlenia je senzor schopný zachytávať 3D a 2D informácie s rozlíšením 160 x 120 pixlov s rýchlosťou až 160 snímkov za sekundu (fps) nezávisle od okolitého svetla. To umožňuje získanie 2D šedotónového obrazu v ktorom sú vzdialenosti reprezentované farbou jednotlivých pixlov.



Obr. č. 2 Bloková schéma zapojenia snímania neelektrických veličín

Nižšie uvádzame podrobnejšie parametre Argos3D – P100 [3]:

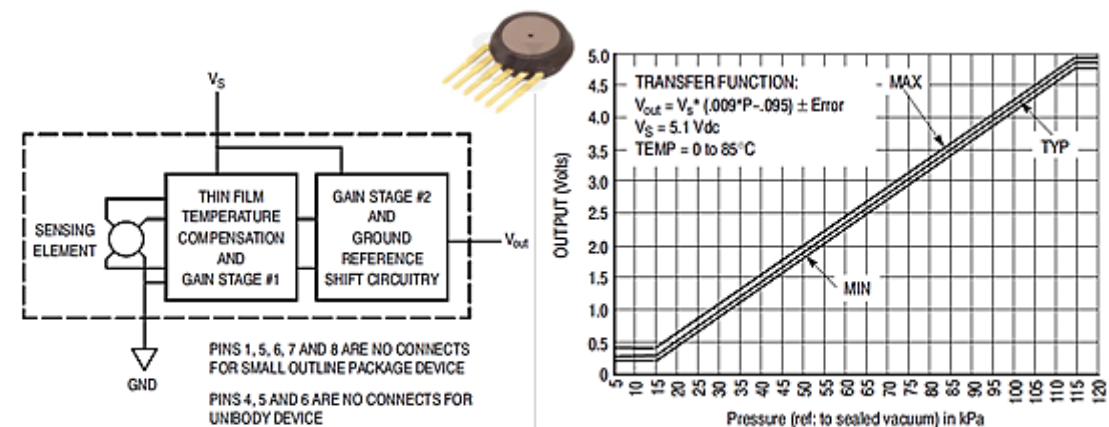
Technológia	PMD ToF
Rozlíšenie	160 x 120 pixlov
FPS	160 snímkou/s

Dosah	10 cm – viac než 300 cm
Napájanie	5V, 2,6A
Pracovná teplota	0 – 70°C
Rozmery	75 x 75 x 26 cm
Zorný uhol	90°
USB 2.0	1x

Návrh systému snímania neelektrických veličín vidíme na nasledovnom obrázku č. 2.

Teplota je stavová veličina charakterizujúca tepelný stav hmoty alebo prostredia. Na snímanie teploty využívame tepelné snímače DS18B20 od spoločnosti DALLAS Semoconductor. Jedná sa o tepelné senzory komunikujúce pomocou 1wire protokolu. Na jednom vodiči môže pracovať niekoľko snímačov, ktoré sa od seba odlišujú špecifickým menom uloženým v pamäti ROM. My sme nastavili max. počet 9. DS18B20 pracuje v rozmedzí od -55 do 125°C, s voliteľnou presnosťou 9 alebo 12bitov. Na výstupe snímača máme k dispozícii priamo hodnotu teploty v binárnom kóde.

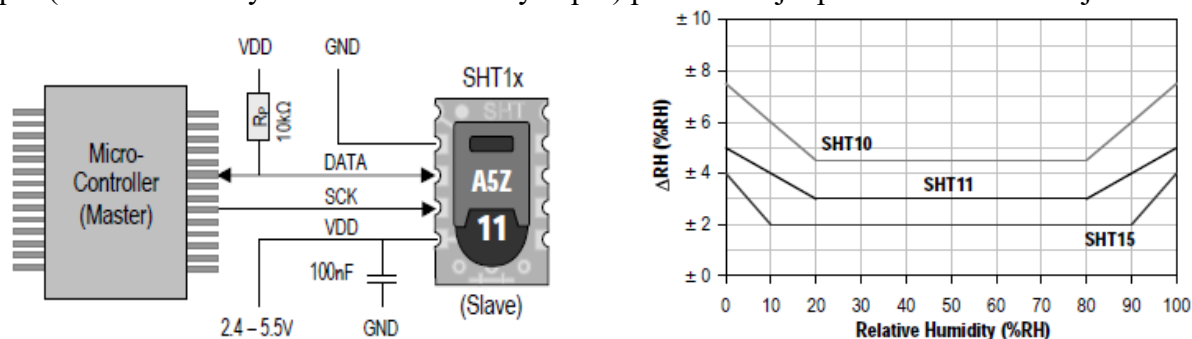
Atmosférický tlak je tlak masy vzduchu v atmosfére podmienený gravitačným pôsobením Zeme. To znamená, že zmenou výšky sa mení aj tlak. Normálna hodnota atmosférického tlaku (hodnota určená pre fyzikálne výpočty) pri hladine mora je 101 325 Pa. Barometrický tlak nie je stály, neustále kolíše v danom bode zemského povrchu okolo určitej hodnoty. Na tlak vzduchu má okrem nadmorskej výšky vplyv aj teplota vzduchu a prúdenie vzduchu. Na snímanie tlaku sme využili snímač MPX4115A od spoločnosti Freescale Semiconductor. Daný snímač sa vyznačuje maximálnou chybou 1,5% pri teplote 0 – 85°C. Výstupom snímača je napäťová úroveň 0,2 až 4,8V ktorá je reprezentantom atmosférického tlaku. Závislosť tlaku od výstupného napätia uvádzame na obr. 3.



Obr. č. 3 Bloková schéma obvodu MPX4115A a závislosť výstupného napätia  
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/MPX4115A.pdf>

Svetlo je elektromagnetické vlnenie od infračerveného po ultrafialové. Viditeľné svetlo je časť elektromagnetického spektra s frekvenciou  $7,5 \times 10^{14}$  Hz až  $3,8 \times 10^{14}$  Hz. Osvetlenie môžeme ďalej rozdeliť na umelé a prirodzené. Na snímanie osvetlenia sme použili fotoodpor 300Vmax, R10=8k, R01=100k, R05=300k. Detekciu sme realizovali pomocou ADC kanála mikroprocesora.

Vlhkosť je termín pre množstvo vodnej pary vo vzduchu. V bežnom živote sme zvyknutý používať relatívnu vlhkosť, absolútna vlhkosť vzduchu vydelená vlhkosťou nasýtených vodných pár (teda maximálnym množstvom vodných pár) pri rovnakej teplote v rovnakom objeme.



Obr. č. 4 Spôsob pripojenia a maximálna tolerancia relatívnej vlhkosti  
[http://www.sos.sk/a\\_info/resource/c/SHT1x.pdf](http://www.sos.sk/a_info/resource/c/SHT1x.pdf)

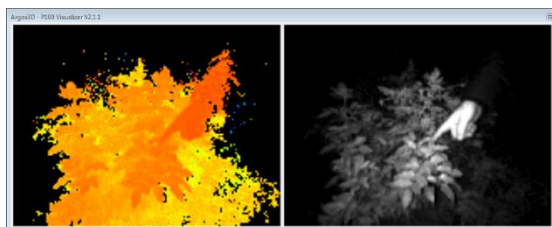
Na snímanie vlhkosti sme použili snímač SHT11 spoločnosti SENSIRION. Jedná sa o kombinovaný snímač vlhkosti a teploty. Obidve veličiny sú prístupné v digitálnej podobe bez nutnosti ďalšej úpravy. Senzor komunikuje prostredníctvom I2C protokolu. Na jeho pripojenie k mikroprocesoru je nutné programovanie druhej linky I2C, nakoľko daný snímač nemôže byť pripojený do zbernice spolu s ostatnými obvodmi.

Hodiny reálneho času predstavujú elektronický obvod aktuálneho dátumu a času. My sme použili obvod DS1307 od spoločnosti DALLAS. Jedná sa o RTC obvod komunikujúci prostredníctvom zbernice I2C. Obvod disponuje aj 56x8 pamäťou RAM. Rozsah teplôt je od -40 do + 85°C. Vnúternú blokovú schému a rozloženie pamäťového priestoru uvádzame na obr. 6.

Pamäť EEPROM uchováva v sebe uloženú informáciu aj po odpojení napájania. V našom prípade sa jedná o pamäť M24256 od spoločnosti STMICROELECTRONICS. Komunikácia je riešená prostredníctvom protokolu I2C.

## VÝSLEDKY PRÁCE

Na obrázku č. 5 vidíme výstupný obraz kamery Argos3D – P100 zložený z dvoch častí. V pravej časti vidíme šedo-tónový 2D obraz a v ľavej časti farebný hĺbkový obraz, kde jednotlivé farby predstavujú hĺbku v snímanom priestore. Žlté až oranžové odtiene reprezentujú menšie hĺbky, zelené a modré odtiene väčšie.

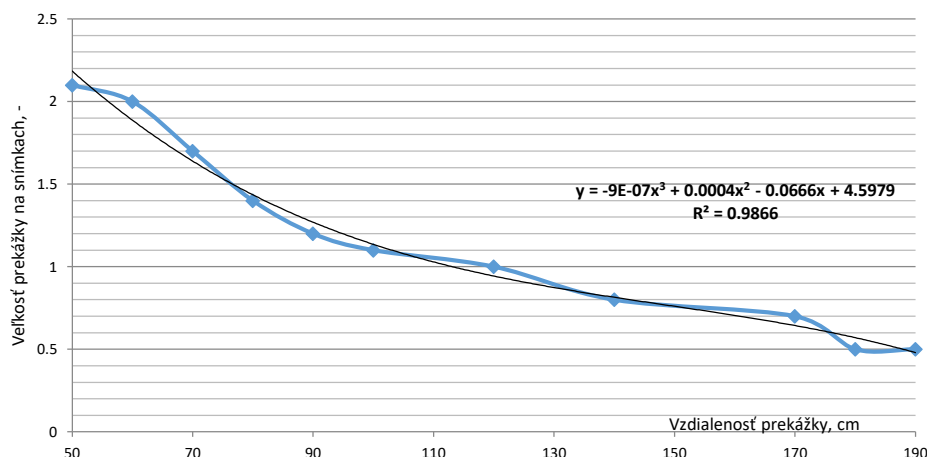


Obr. č. 5 Ilustračný príklad záberu kamery Argos3D – P100

Na odhad vzdialenosti prekážok sa môžeme spoľahnúť na údaje výrobcu, ale najvhodnejšie je previesť vlastnú kalibráciu v konkrétnych svetelných podmienkach (vplyv IR žiarenia, zdroje

svetla rôznych vlnových dĺžok, ...). V prvom rade musíme stanoviť minimálny rozmer detekovateľnej prekážky touto kamerou. My sme si kvôli presnosti nezvolili bodovú prekážku ale priamkovú. Za týmto cieľom sme vykonali merania, ktoré sme následne vyhodnotili. Tie sme realizovali pri osvetlení cca 5500 lx pri rovnomerných svetelných podmienkach v exteriéry. Priemer snímanej prekážky vo forme vertikálneho valca bol 18 cm. Tento priemer bol volený s ohľadom pracovnú plochu v ktorej mobilný robot pracoval – podporné stĺpy haly.

Na základe získaných výsledkov sme mohli vysloviť záver, že prekážka o priemere 18 cm je spoľahlivo detekovateľná zo vzdialenosti 170 cm a s týmto parametrom v následnej realizácii musíme rátať.



Obr. č. 6 Vzťah veľkosti prekážky na snímkach k vzdialenosti k prekážke

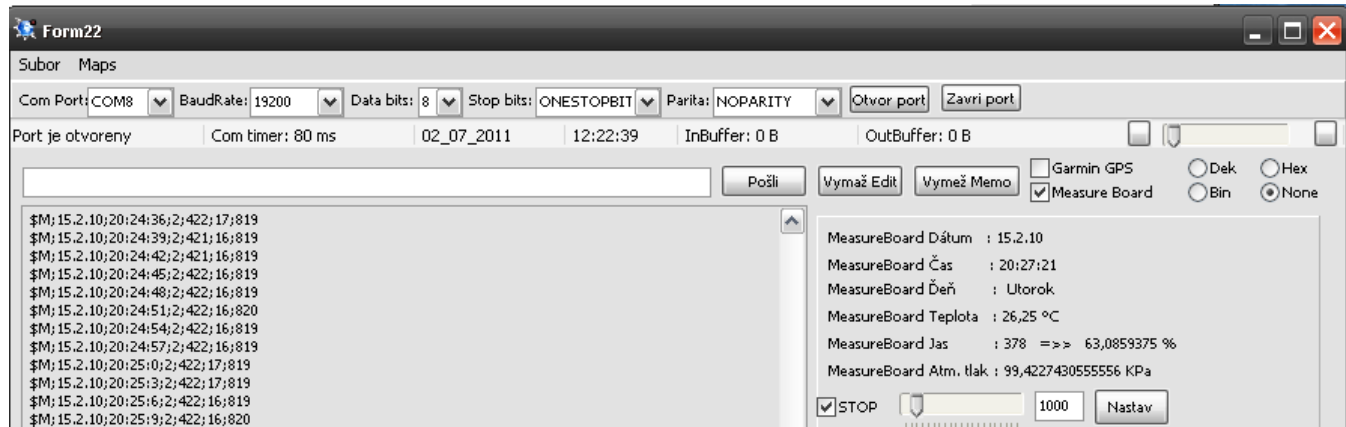
Existuje veľký predpoklad, že aj iné priemery detekovateľných objektov budú mať podobný priebeh.



Obr. č. 6 Výsledky meraní voči zvislej stene vo vzdialenosti 1, 2 a 3m.

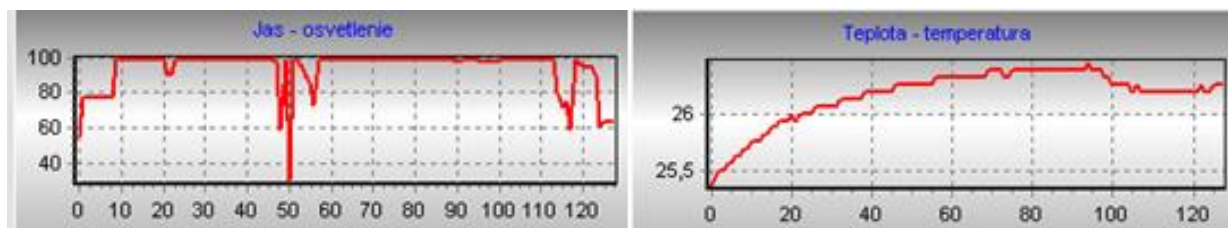
Na vyhodnotenie výsledkov merania neelektrických veličín sme vyvinuli vlastný softvér. Výsledná informácia zo snímačov na požiadanie je k dispozícii v kódovanej forme vety, ktorá sa skladá z 7 častí: Identifikátor začiatku prenosu „\$M”, aktuálny dátum, aktuálny čas, číslo dňa, teplota, osvetlenie, atmosférický tlak.

Príklad kódovanej vety: \$M;15.2.10;20:34:18;2;427;428;820.



Obr. č. 7 Softvér na vyhodnotenie výsledkov merania

Pamäťový priestor RAM a EEPROM je výlučne k dispozícii pre potreby riadiaceho softvéru a softvéru mobilného robota. Neslúži pre účely užívateľa.



Obr. č. 8 Ukážka priebehu merania osvetlenia a teploty navrhnutým softvérom

## ZÁVER

Cieľom práce bola detekcia prekážok pomocou ToF kamery a konštrukcia takého elektronického obvodu, ktorá by snímala pracovné prostredie mobilného robota, ako teplotu, vlhkosť, intenzitu osvetlenia a atmosférický tlak. Nakoľko tieto úkony sú nevyhnutelné pre správnu funkciu mobilného robota, rozhodli sme sa pre ich implementáciu do navigačných a vyhodnocovacích obvodov. Mobilný robot disponuje vlastným výkonným mikroprocesorom, ktorý je určený pre riešenie otázok spojeným s riadením a riešením algoritmov navigácie. Preto pre realizáciu samostatného elektronického obvodu sme sa rozhodli použiť samostatný mikroprocesor. Navrhnuté zariadenie ponúka dočasnú aj trvalú pamäť pre uchovávanie dát a uchovávanie informácie o aktuálnom čase a dátume.

## POĎAKOVANIE

The paper was supported by project KEGA 013TTU-4/2021 “Interactive animation and simulation models for deep learning”.

## LITERATÚRA

- [1] FOIX, S. - ALENY`A, G. – TORRAS, C. Lock-in Time-of-Flight (ToF) Cameras: A Survey. In IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 11, NO. 3, MARCH 2011. ISBN 04-4451- 589- 5. [on line] (<https://core.ac.uk/download/pdf/41765475.pdf>).  
<https://doi.org/10.1109/jsen.2010.2101060>
- [2] HE, Y. – LIANG, B. – ZOU, Y. – HE, J. – YANG, J: Depth Errors Analysis and Correction for Time-of-Flight (ToF) Cameras. In Sensors 2017, 17, 92; [on line] ([www.mdpi.com/journal/sensors](http://www.mdpi.com/journal/sensors)). <https://doi.org/10.3390/s17010092>
- [3] Argos3D – P100 Time-of-Flight Depth Sensor. Užívateľská príručka. [on line] ([http://datasheets.bluetechnix.at/goto/Argos/3D/P/100/Argos3D\\_P100\\_OV.pdf](http://datasheets.bluetechnix.at/goto/Argos/3D/P/100/Argos3D_P100_OV.pdf))
- [4] HANSARD,M - LEE, S. - CHOI, O – HORAUD, R. Time of Flight Cameras: Principles, Methods, and Applications. Springer Briefs in Computer Science. 2013. ISBN 978-1-4471-4658-2. [on line] (<https://hal.inria.fr/hal-00725654/PDF/TOF.pdf>).  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4658-2>
- [5] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/MPX4115A.pdf>
- [6] [http://www.sos.sk/a\\_info/resource/c/SHT1x.pdf](http://www.sos.sk/a_info/resource/c/SHT1x.pdf)