

Malý mobilný revízny robot pre nútené vetranie

Small mobile inspection robot for forced ventilation

Milan Lacko¹, Ján Bačík²

¹milan.lacko@tuke.sk, ²jan.bacik2@tuke.sk

^{1,2}Katedra elektrotechniky a mechatroniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, Košice, Slovenská Republika

Abstrakt—Tento článok opisuje návrh a realizáciu malého mobilného robota určeného na revíziu konkrétnych vzduchotechnických rozvodov pre nútené vetranie. Ovládací panel robota a samotný robot sú riadené dvoma mikrokontrolérmi ATmega32. Vzájomná komunikácia mikrokontrolérov je realizovaná pomocou TWI komunikácie, čo je vo všeobecnosti I²C komunikácia. Vizualná revízia vzduchotechnických rozvodov sa vykonáva pomocou dvojice kamier umiestnených na robotovi vpredu a vzadu. Pohyb robota realizuje dvojica servomotorov.

Kľúčové slová—mikrokontrolér, ATmega32, I²C komunikácia, servomotor

Abstract—The Paper describes design and realization of a small inspection mobile robot for inspection of the air duct for forced ventilation. Control panel and robot are control by two microcontrollers ATmega32. Mutual communication of the microcontrollers is realized as TWI interface, what is in general I²C communication. Visual inspection is being done via two video cameras, spaced in front and rear of the robot. Motion of the robot is made by two servomotors.

Keywords—microcontroller, ATmega32, I²C communication, servomotor

I. ÚVOD

V dnešnej dobe sa v oblasti bývanie stretávame stále častejšie s kompletným technickým vybavením budov a rodinných domov. Samotné bývanie už nie je len o jednoduchých stavebných časti, ale stále viac sa kladie dôraz na energetickú úsporu a zabezpečenie potrebného komfort a bezpečia pri bývaní. Z týchto dôvodov sa už pri samotnom projektovaní a stavbe uvažuje s núteným vetraním s rekuperáciou, chladením, centrálnymi vysávačmi, slnečnými kolektormi či tepelným čerpadlom alebo inteligentnej tieniacej technike.

Pri množstve technickej vybavenosti budovy či rodinného domu je potreba myslieť aj na pravidelné kontroly jednotlivých systémov. Firmy, ktoré jednotlivé systémy technickej vybavenosti budov montujú, spravidla poskytujú aj servis pre svojich zákazníkov, čiže obyvateľov – používateľov. Jednou z oblastí technickej vybavenosti, kde sú potrebné pravidelné kontroly a údržba je nútené vetranie a hlavne jeho rozvody. Keďže prostredníctvom vzduchových rozvodov je do obytných častí domu privádzaný čerstvý vzduch, ktorý následne obyvatelia domu dýchajú, je potrebné, aby samotné rozvody boli udržiavané v dobrej kondícii. To znamená, pravidelne čistené od jemného usadeného prachu, ktorý aj napriek kvalitnej filtrácii na vstupe, sa po niekoľkých mesiacoch pomaly usádza na vnútorných stenách rozvodov. Samozrejme, občas je potrebné vizuálne skontrolovať, či nedochádza ku korózii v potrubí, či sa v potru-

bí nenachádzajú plesne, prípadne nestojí skondenzovaná voda. Toto všetko je potrebné realizovať v pravidelných intervaloch vizuálnou kontrolou a v prípade potreby, včas urobiť protipopatrenia.

Článok sa venuje návrhu a zostrojeniu malého mobilného robota schopného vizuálne skontrolovať kovové potrubie obdĺžnikového prierezu pre nútené vetranie bežne používané v rodinných domoch a bytoch. Celé riešenie má byť poňaté ako „low-cost“ zariadenie.

II. NÁVRH INŠPEKČNÉHO ROBOTA

A. Prostredie

Pre návrh inšpekčného robota musíme poznať prostredie, v akom bude robot operovať, kde sa bude pohybovať a aké nástrahy bude musieť prekonať.

Ventilačné potrubie, v ktorom sa bude robot pohybovať je obdĺžnikového prierezu s rozmermi 4 cm x 16 cm vytvoreného z pozinkovaného oceľového plechu hrúbky 0,5mm. Jedná sa 2 m dlhé kusy potrubia, ktoré sa následne skracujú a spájajú podľa potreby jedným nitom na oboch úzkych stranách potrubia. Celý rozvod čerstvého vzduchu v dome je umiestnený v podlahe, v tepelnoizolačnej vrstve, pod betónovým poterom. Zároveň sa vhodným zrezaním pod uhlom vytvorí potrubie potrebného tvaru a dĺžky, až k miestu vyústenia z podlahy alebo zo steny. Je pravidlom, že nikde na vytvorenom potrubí sa nenachádza väčšie zalomenie ako 45 stupňov. Ak je potrebné vytvoriť cestu z rozvodnej krabice vzduchu až k miestu vyústenia s väčším zalomením, realizuje sa to viacerými zalomeniami s uhlami menšími ako 45 stupňov. Spravidla je celé vytvorené potrubie umiestnené v jednej rovine, takže robot pri jazde potrubím nemusí prekonávať žiadne prevýšenia. Dĺžka bežne vytvorených potrubí pre jednotlivé obytné izby v rodinnom dome môže byť od 6 do 12m, výnimočne viac. Uvažujeme, že robot by mal byť schopný prejsť a vizuálne skontrolovať celú trasu potrubia.

Ako už bolo spomenuté, potrubie je uzavreté, nachádza sa pod podlahou, čiže v potrubí je úplná tma, až na výnimku začiatku a konca potrubia. Preto je potrebné hneď v začiatku návrhu počítať s dostatočným osvetlením, jednak kvôli manévrovaniu s robotom, ale hlavne kvôli dostatočnej vizuálnej kontrole potrubia. V šere alebo pri slabom osvetlení by sme ťažko vykonali kvalitnú vizuálnu kontrolu stavu potrubia.

Na samotnú vizuálnu kontrolu potrubia sa využijú malé a lacné web kamery, jedna v prednej časti robota a druhá v zadnej časti. Samotný obraz bude posielať na monitor počíta-

tača, kde operátor bude vidieť reálny stav potrubia a zároveň bude mať možnosť riadiť pohyb robota.

Ďalej je potrebné si uvedomiť, že celé potrubie je kovové, oceľové a prirodzene uzemnené prostredníctvom vetracej jednotky. To predpokladá problém s bezdrôtovou komunikáciou medzi robotom a ovládacím panelom, ale aj problém s posielaním obrazu bezdrôtovo. Preto sa v návrhu uvažuje s prenosom riadiacich povelov aj obrazu z kamier prostredníctvom tenkých káblov.

B. Návrh a vybrané komponenty

Napájanie bude realizované zo siete prostredníctvom adaptéra 230V 50Hz/ 5V DC 1A. Z tohto zdroja bude napájaná elektronika ovládacieho panela a ďalej napájanie aj samotného robota prostredníctvom tenkého kábla. Iné dve žily tohto kábla budú slúžiť na komunikáciu medzi kontrolérmi ATmega32. Napájanie samotných kamier bude realizované z počítača cez ich vlastné USB káble.

Ovládanie pohybu robota bude zabezpečené operátorom, prostredníctvom ovládacieho panelu. Keďže sa má jednať o lacné riešenie, je vhodné vytvoriť ovládací panel z nefunkčnej lacnej hračky, napríklad diaľkovo ovládaného autíčka alebo helikoptéry. Využije sa telo diaľkového ovládača, páčky s potenciometrami, prípadne nejaké kontrolky a prepínače. V tomto prípade sme mali k dispozícii diaľkový ovládač z nefunkčnej helikoptéry. Na obr. 1 je znázornený pôvodný diaľkový ovládač, ktorý sme následne upravili na naše potreby.



Obr. 1. Pôvodný diaľkový ovládač

Zachovali sme telo ovládača, páčky s potenciometrami, LED diódy a prepínače, ktoré sa neskôr osadili na nový navrhnutý plošný spoj už aj s mikrokontrolérom ATmega32. Vyvedený bol 4 žilový tenký kábel, ktorý slúžil na napájanie a komunikáciu s robotom.

Ako už bolo spomenuté v ovládacom paneli aj v samotnom robotovi budú osadené mikrokontroléry ATmega32. Poskytujú dostatočný výkon, množstvo periférií potrebných na vyhotovenie celého zariadenia. Na ich vzájomnú komunikáciu bude použité dvojvodičové rozhranie TWI (Two Wire Interface) všeobecne známy ako I²C. Mikrokontrolér v ovládači predstavoval MASTER zariadenie, ktoré neustále posiela riadiace príkazy do robota, kde je umiestnené SLAVE zariadenie. Ten prijíma povelov od MASTER kontroléra a následne ich okamžite vykonáva. Bližší opis komunikácie bude uvedený v neskoršej kapitole.

Pre pohon robota sú navrhnuté dva modelárske mikro servomotoroty typu GO13-MG, znázornené na Obr. 2. Parametre Servomotorov pre pohon robota sú uvedené v Tabuľke I. Sú

dostatočne silné a hlavne dostatočne malých rozmerov, aby sa aj s konštrukciou robota vtesnali do potrubia.



Obr. 2. Servomotor GO-13 MG použitý na pohon robota

TABUĽKA I PARAMETRE POUŽITÝCH SERVOMOTOROV

Veľkosť serva	Micro
Typ serva	analógové
Ťah pri 4,8 V [kg . cm]	2
Ťah pri 6,0 V [kg . cm]	2,2
Rýchlosť pri 4,8 V [s/60st.]	0,14
Rýchlosť pri 6,0 V [s/60st.]	0,12
Prevody serva	kovové
Guľôčkové ložiská	1xBB
Highvoltage	nie
Napájanie [V]	4,8 - 6
Dĺžka [mm]	23,5
Šírka [mm]	12
Výška [mm]	28,7
Hmotnosť [g]	13

Predpokladá sa jednoosí pohon s dvoma nezávislými poháňanými kolieskami v zadnej časti podvozku. V prednej časti sa uvažuje s neaktívnym voľnobežným otočným kolieskom. Použitú budú malé penové modelárske kolieska.

Pre vizuálnu kontrolu boli vybrané web kamery s dobrým rozlíšením a hlavne malých rozmerov (obr. 3), a aby bolo možné ich umiestniť na podvozok robota tak, aby neprekračovali výškový rozmer 4 cm. Parametre kamier sú uvedené v Tabuľke II. Tieto kamery už mali zabudované dostatočné LED osvetlenie, čo bolo značnou výhodou.



Obr. 3. Použitá web kamera Titanium TC101

TABUĽKA II PARAMETRE POUŽITÝCH KAMIER

Kód výrobcu	TC101
Rozhranie	USB 2.0

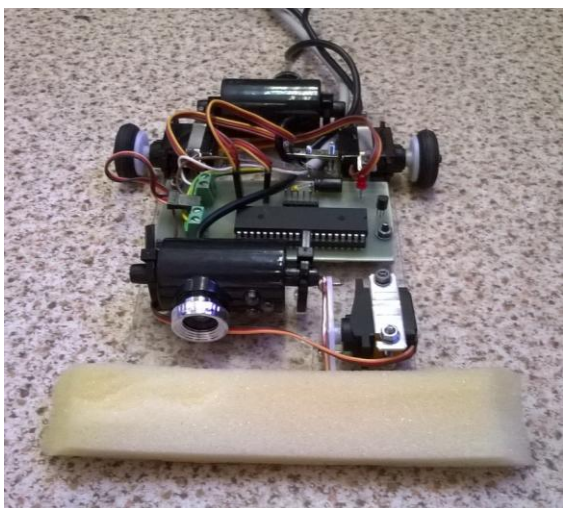
Typ senzora	CMOS
Max. rozlíšenie	2594 x 1944
Kompresia videa	AVI
Napájanie	USB 2.0
Rozmery	26x45x35

III. KONŠTRUKCIA ROBOTA

Samotný robot pre inšpekciu vetracieho potrubia bol zhotovený z plastovej platformy rozmerov 16 x 11 cm a hrúbky 2 mm. Na zadnú stranu platformy boli prichytené dva mikro servomotory s upevnenými penovými kolieskami s priemerom 25 mm. Servomotory boli umiestnené v jednej osi tak, že vytvorili dvojstopé vozidlo s nezávislým pohonom kolies. Predné oporné koliesko bolo voľnobežné a otočné. Týmto umiestnením vznikol podvozok robota, ktorý bol schopný pohybovať sa od priameho pohybu v oboch smeroch až po otáčanie sa na mieste.

Šírka platformy robota bola zvolená na základe šírky potrubia (16cm) tak, aby robot mohol pohodlne prechádzať potrubím a dĺžka platformy bola zvolená na základe toho, aby robot bez problémov prekonal aj 45° zalomenia potrubia, ale aby sa nedokázal v potrubí otočiť, kvôli možnosti zamotania sa do káblov.

V prednej aj zadnej časti platformy sa umiestnili kamery, ktoré umožňovali operátorovi sledovať potrubie na monitore PC pred aj za robotom. V strednej časti platformy bol umiestnený plošný spoj aj s mikrokontrolérom ATmega 32. Celkový pohľad na prototyp revízneho robota je na Obr. 4.



Obr. 4. Celkový pohľad na prototyp revízneho robota

V prednej časti platformy vedľa kamery sa umiestnil ešte jeden servomotor, ktorý by v budúcnosti mohol slúžiť na ovládanie umývacej automatiky. Detailný pohľad na prednú časť robota s kamerou a umývacou automatikou je na Obr. 5. Pohyb tohto servomotora umožňuje v malom rozsahu zdvihnutie a puspenie umývacej časti.



Obr. 5. Detailný pohľad na prednú časť robota

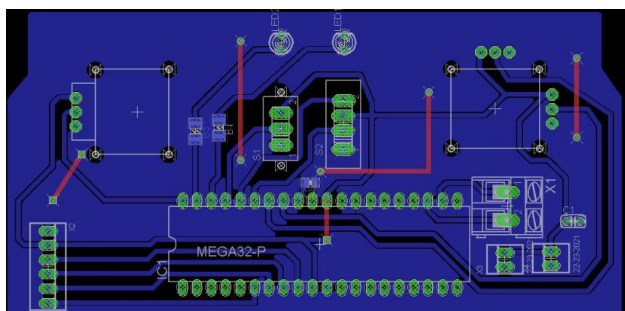
A. Prestavba pohonných servomotorov

Pre pohyb boli využívané modelárske servomotory, ktoré sú klasicky riadené šírkou impulzov s periódou 20 ms. Impulzy široké 1,5 ms zodpovedajú stredovej polohe hriadeľa, impulzy široké 1 ms zodpovedá jednej krajnej polohe servomotoru a impulzy široké 2 ms zodpovedá druhej krajnej polohe. Plynulou zmenou šírky impulzov privádzaných na riadiaci vstup servomotorov v rozsahu 1 – 2 ms dosiahneme plynulú zmenu polohy hriadeľa servomotoru v rozsahu cca 180° natočenia. Avšak my sme potrebovali, aby sa hriadele servomotorov pre pohyb robota mohli otáčať dookola, to znamená, že už nebudú riadené na polohu, ale na smer a rýchlosť otáčania. Takáto prestavba je možná a v modelárskej praxi bežne používaná. Po rozobratí servomotoru sa potenciometer spojený s hriadeľou, čo predstavuje spätnú väzbu od polohy natočenia hriadeľa, odstráni spolu so všetkými mechanickými prekážkami. Následne sa potenciometer nahradí dvoma odpormi rovnakej hodnoty (cca 5 kΩ) ako pevný napäťový delič. Polovičné napätie zo vzniknutého spojenia odporov sa následne pripojí ako spätná väzba pre elektroniku servomotoru. Tým dosiahneme to, že elektronika servomotoru vyhodnotí polovičné napätie ako stredovú polohu natočenia hriadeľa, čomu zodpovedajú impulzy šírky 1,5 ms. Takže teraz, keď privedieme na riadiaci vodič servomotoru impulzy o šírke 1,5 ms, servomotor stojí, pretože elektronika to vyhodnotí ako dosiahnutie žiadanej polohy. Ak postupne zväčšujeme šírku impulzov, tak sa motor stále rýchlejšie otáča do jednej strany, ak šírku impulzov postupne znižujeme pod hodnotu 1,5 ms, motor sa postupne otáča stále väčšou rýchlosťou v opačnom smere.

IV. OVLÁDACÍ PANEL

Ako už bolo spomenuté, robot je riadený operátorom pomocou vizuálneho obrazu z prednej a zadnej kamery. Rozmery základne robota cielene nedovoľujú, aby sa robot v potrubí otočil, a tak mu nedovoľujú zamotať sa do káblov. Pri samotnej revízii potrubia operátor prejde celé potrubie smerom vpred a potom zasa celé potrubie smerom vzad.

Na samotné ovládanie chodu robota nám poslúžilo nepotrebné diaľkové ovládanie z malej helikoptéry, ktoré sme si upravili podľa svojich potrieb. Z pôvodného ovládača ostalo zachované telo s páčkami, LED diódy a prepínače. Vnútroštruktúra elektronika bola nahradená novým plošným spojom aj s mikrokontrolérom ATmega32. Pôvodné pozície páčok s potenciometrami, LED diód a prepínačov museli ostať kvôli funkčnosti zachované. Pohľad na navrhnutú dosku plošného spoja pre ovládač robota je na Obr. 6



Obr. 6. Navrhnutá DPS pre ovládač

Pravá páčka slúži na ovládanie pohybu robota. Je to páčka umožňujúca pohyb v dvoch osiach a s kľudovou polohou v strede oboch osí. Páčka je spriahnutá s dvoma potenciometrami, jeden pre pohyb vpred a vzad, a druhý pre pohyb vľavo a vpravo. Nulová poloha páčky znamená polohu bežcov v strede oboch potenciometrov. Ľavá páčka ovládača umožňuje pohyb iba v jednej osi, v smere vpred a vzad, a nemá kľudovú polohu. Táto páčka slúži na ovládanie polohy serva pre umývaciu automatiku. Pohyby jednotlivých páčok sú sledované mikrokontrolérom, kde bežce potenciometrov sú pripojené na jednotlivé vstupy A/D prevodníka. Prevodník v kontroléri ATmega32 je 10 bitový. Využíva 3 vstupy, hodnoty napätí z troch potenciometrov. Dva potenciometre sú spriahnuté s pravou páčkou na vládanie pohybu robota a jeden potenciometer je spriahnutý s ľavou páčkou pre ovládanie zdvihu umývacej mechaniky. Ďalej jeden z posuvných prepínačov slúži na celkové zapnutie a vypnutie napájania ovládača a zároveň aj napájania robota. Zelená LED dióda slúži na indikáciu jedného stavu napájania a červená LED dióda na indikáciu prebiehajúcej komunikácie medzi ovládačom (MASTER) a robotom (SLAVE). Taktiež nám tieto LED diódy vhodne poslúžili pri samotnom ladení programu pre ovládač.

A. Komunikačný protokol

Aby mohol operátor ovládať pohyb robota prostredníctvom ovládača, musel byť vytvorený komunikačný protokol medzi mikrokontrolérmi umiestnenými v ovládači a v robotovi. Komunikácia je vytvorená dvojvodičovým vedením pre ATmegy známym ako TWI. Jedná sa o bajtovo orientovanú komunikáciu s potvrdením prijatia bajtu, tzv. acknowledge. Pri tomto protokole je potrebné, aby MASTER zariadenie, v našom prípade mikrokontrolér ovládača, najprv na zbernicu vyslal START bit a potom adresu SLAVE zariadenia - robota, ktorá mu je vopred pridelená. Po potvrdení môže byť poslaný ďalší a ďalší bajt, v ktorých sú už posielané konkrétne povely, až do skončenia komunikácie vyslaním STOP bitu. Vytvorená komunikácia je jednosmerná, kde MASTER – ovládač - nepretržite posielajú povely k SLAVE zariadeniu, čiže k robotovi. Po zapnutí systému sa nepretržite posielajú 3 bajty. Prvý a druhý bajt sú informácie pre ľavý a pravý servomotor, a posielajú sa pokyn pre otáčanie servomotora určitou rýchlosťou vpred alebo

vzad. Tretí bajt je údaj o žiadanej polohe servomotora pre umývaciu mechaniku.

Výpočet hodnôt pre odoslanie a následné priame použitie v module šírko-impulzovej modulácie (PWM modul) je vykonaný ešte v kontroléri ovládača a následne sú posielané priamo 8 bitové čísla pre zápis do PWM modulu mikrokontrolér v robotovi. Ten následným zápisom do príslušných registrov generuje impulzy požadovanej šírky, a tak je zabezpečený potrebný pohyb robota.

B. Výpočet riadiacich bajtov pre pohyb robota

A/D prevodník mikrokontroléra v ovládači v hlavnej nekoenej slučke neustále uskutoční prevod zo všetkých troch potenciometrov spriahnutých s páčkami ovládača. Následne prebehne prepočet pre servomotory zabezpečujúce pohyb robota a pre umývaciu mechaniku. Potom sú tri 8 bitové čísla odoslané do mikrokontroléra v robotovi, ktorý následne priamo zapíše tieto tri hodnoty do registrov zabezpečujúcich výstup PWM. Tie vygenerujú potrebné šírky impulzov pre všetky servomotory.

Podľa pozície páčky pre pohyb sú prevodníkom získané dve 10 bitové čísla, v rozsahu 0 až 1023. Tento rozsah je rozdelený číslom 25, čím vznikne zanedbaním desatinnej časti výsledku 40 intervalov. Tým sme dosiahli normovanie polohy páčky, čiže výsledok A/D prevodu je z intervalu 0 až 40, jedno číslo pre pohyb (vpred alebo vzad) a druhé číslo pre smer (vpravo alebo vľavo).

Pre úplnosť mikrokontroléry pracujú na frekvencii 8 MHz, v PWM module je nastavená delička na 64, je použitý fast PWM režim, t.j. up-count režim, kde výstup je nastavený na jednotku (SET) pri nulovej hodnote počítadla (BOTTOM) a pri zhode s komparačnou hodnotou (OCR1A) je výstup znulovaný (CLEAR). Vrchol počítadla (TOP) je nastavený registrom ICR1 na hodnotu 2500, čo zodpovedá PWM s frekvenciou 50Hz. Práve zmenou hodnoty v komparačných registroch OCR1A a OCR1B, ktoré ovplyvňujú PWM výstupy kontroléra OC1A a OC1B, sa ovládajú servomotory pre pohyb. Empiricky bolo zistené, že zmena hodnoty komparačných registrov v rozsahu ± 20 je pre riadenie smeru a rýchlosti servomotorov nášho robota dostatočné. Z toho následne vyplynulo rozdelenie celej dráhy páčky na 40 intervalov, 40 čísel na celý rozsah otáčania serva od maximálnej rýchlosti vľavo do maximálnej rýchlosti vpravo. Tento opis bol matematicky zapísaný a implementovaný do mikrokontroléra pomocou nasledovných rovníc.

$$pohyb = \frac{pohyb}{25} \quad (1)$$

Premenná *pohyb* je výsledok z A/D prevodníka z potenciometra zodpovedajúceho za pohyb vpred a vzad a následne predelená číslom 25. Výsledok je neskôr použitý pre výpočet hodnoty PWM registra pre oba servomotory.

$$smer = \frac{smer}{25} \quad (2)$$

Premenná *smer* je výsledok z A/D prevodníka z potenciometra zodpovedajúceho za pohyb vľavo a vpravo a následne predelená číslom 25.

$$oc1a1 = -pohyb + 20 + ssA \quad (3)$$

$$oc1a2 = -smer + 20 + ssA \quad (4)$$

kde premenná *oc1a1* je pomocná premenná a je to vlastne výpočet hodnoty vhodnej pre generovanie rýchlosti otáčania servomotora A (povedzme pravý) ak by sme nebrali do úvahy pozíciu páčky vľavo alebo vpravo, čiže smer by nevstupoval do

výpočtu pre rýchlosť otáčania. Obdobne to platí pre premennú $oc1a2$, ktorá je vlastne výpočet pre rýchlosť otáčania servomotora A, ak by do výpočtu nevstupovala žiadosť pre pohyb vpred či vzad, čiže pozícia páčky vpred a vzad. Pre vysvetlenie, keby operátor žiadal na ovládači len smer vpravo, čiže posunul by páčku úplne vpravo a ani vpred ani vzad, tak by sa pravý motor otáčal maximálnou rýchlosťou vzad a následne ľavý maximálnou rýchlosťou vpred, takže robot by sa otáčal na mieste vpravo. Premenná ssA je konštanta zodpovedajúca hodnote generovania šírky impulzov pre servomotor A, pri ktorej servomotor stojí. Obdobne to platí pre premennú ssB v (6) a (7).

Spriemerovaním hodnôt oboch pomocných registrov $oc1a1$ a $oc1a2$ sme dostali potrebnú hodnotu pre servomotor A, čo je uvedené v (5).

$$OCR1A = (oc1a1 + oc1a2)/2 \quad (5)$$

Podobným spôsobom sa realizoval výpočet hodnoty pre PWM register $OCR1B$ pre druhé servo, servomotor B.

$$oc1a1 = pohyb - 20 + ssB \quad (6)$$

$$oc1a2 = -smer + 20 + ssB \quad (7)$$

$$OCR1B = (oc1b1 + oc1b2)/2 \quad (8)$$

Výsledné hodnoty v premenných $OCR1A$ a $OCR1B$ sú 8-bitové čísla pripravené priamo na zápis do PWM registrov mikrokontroléra. Tieto dve čísla sa priamo posielajú pomocou TWI komunikácie z mikrokontroléra na ovládači do mikrokontroléra v robotovi.

C. Výpočet pohybu servomotora umývacej mechaniky

Pre pohyb serva umývacej automatiky sa využil totožný princíp výpočtu, avšak pohyb ľavej páčky bol normovaný na pohyb serva jemnejšie. Servo sa pohybovalo v menšom rozsahu, čo sa odladilo experimentálne. Pri treťom servomotore je potrebné uviesť, že toto servo nebolo prestavané na otáčavý pohyb, ale bolo klasicky riadené šírkou impulzov na polohu. Konkrétne rovnice, ktoré boli implementované do riadenia, sú uvedené nasledovne.

$$a0 = ADC/45 \quad (9)$$

$$OC2 = a0 + 125 \quad (10)$$

Hodnota ADC je 10-bitová hodnota z A/D prevodníka pre ľavú páčku ovládača. Premenná $a0$ je pomocná premenná a premenná $OC2$ obsahuje hodnotu priamo vhodnú pre zápis do riadiacich registrov PWM 2 modulu mikrokontroléra na robotovi. Premenná $OC2$ sa priamo posielala ako tretí bajt pri vzájomnej komunikácii medzi ovládačom a robotom.

V. ZÁVER

V článku je opísaný návrh a realizácia prototypu malého mobilného robota schopného vykonať vizuálnu kontrolu konkrétnych vetracích potrubí. Robot je riadený operátorom pomocou vytvoreného ovládača. Na riadenie robota a vizuálnu

revíziu vetracieho potrubia slúži dvojica kamier umiestnených v prednej a zadnej časti robota. Toto riešenie bolo navrhnuté ako „low-cost“ aplikácia, kde na posielanie pokynov pre pohyb robota slúži vzájomná TWI komunikácia dvoch mikrokontrolérov ATmega32.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená v rámci projektu FEI-2015-3.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] AVR microcontroller, ATmega32, katalógový list, dostupné na internete: <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>
- [2] Akshay Daga, "How to use I2C / TWI (Two Wire Interface) in AVR ATmega32", AVR Application, dostupné na internete: <http://www.engineersgarage.com/embedded/avr-microcontroller-projects/atmega32-twi-two-wire-interface>
- [3] T. Čerhit, "Mobilný robot pre nútené vetranie", diplomová práca, KEM, TUKE, Košice, Slovensko, 2016, dostupné: web stránka
- [4] Úprava serva na 360° otáčeni, Návod na prestavbu, dostupné: <http://www.serva.cz/uprava%20serva%20na%20360%C2%B0%20otace ni/>



M. Lacko ukončil inžinierske štúdium na Katedre elektrotechniky a mechatroniky Fakulty elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach v roku 2005 s vyznamenaním. Následne pokračoval v dennom doktorandskom štúdiu v odbore Silnoprúdová elektrotechnika a v roku 2010 úspešne obhájil dizertačnú prácu. V súčasnosti autor pôsobí ako odborný asistent na Technickej univerzite v Košiciach, kde sa venuje oblasti mikrokontrolérov a signálových procesorov, výkonovej elektronike a riadeniu meničov. Taktiež je v súčasnosti členom Mechatronickej a elektrotechnickej spoločnosti – METS.



J. Bačík inžinierske štúdium absolvoval na katedre elektrotechniky a mechatroniky Technickej univerzity v Košiciach. V roku 2012 ukončil štúdium s vyznamenaním. Následne pokračoval v dennom doktorandskom štúdiu v odbore Mechatronika a v roku 2016 úspešne obhájil dizertačnú prácu. V súčasnosti autor pôsobí ako odborný asistent na Technickej univerzite v Košiciach, kde sa intenzívne venuje oblasti vývoja mobilných robotických systémov. Medzi jeho hlavné zamerania patrí oblasť navigácie, mapovania a riadenia mobilných podvozok a dronov. Taktiež je v súčasnosti členom Mechatronickej a elektrotechnickej spoločnosti METS.