

IMPLEMENTATION OF MODERN ELECTRONIC SUBSETS UNDER CONSTRUCTION AND CONTROL WITH A WIRELESS INSPECTION VEHICLE

Przemysław Filipek

*Lublin University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering
Nadbystrzycka Street 36, 20-614 Lublin, Poland
tel.: +48 81 5384499
e-mail: p.filipek@pollub.pl*

Tomasz Kamiński

*Motor Transport Institute
Jagiellońska Street 80, 03-301 Warszawa, Poland
tel.: +48 22 8113231 w. 129, fax: +48 22 8110906
e-mail: tomasz.kaminski@its.waw.pl, tk42@o2.pl*

Abstract

This article shows electronic block structure and individual elements of the cordless inspecting vehicle to air ducts. Modern electronics in the robot is first of all efficiency, fast, 32-bits the processor, radio steering, the cordless, color camera and sensors measuring all essential parameters in an air duct. Additionally, sensors of environmental conditions were applied (the temperature, the humidity and detecting the presence of gas).

Processor control administrative elements by entrance keys. Administrative elements are electric engines: chassis, arm, camera tripod and helping vertical wheel. Expect engines processor also switch on buzzer, LED light and halogen. Cordless camera with microphone is independent district reinforced only from robot accumulator. Built robot „the Inspector 1” is a competitive solution to industrial robots of this type applied in the industry. The equipment of environmental sensors delivers to the operator information on conditions occurring in the pipe (temperature, moisture, presence of gas, air flow direction, beam intensity etc.). Especially, block scheme of the inspecting system "Inspector 1", block scheme of the operational panel of the system "Inspector 1", sensor of the flow and direction of air are presented in the paper

Keywords: *mobile inspecting robot, ventilation pipe, the block scheme, radio steering, sensors*

WYKORZYSTANIE NOWOCZESNEJ ELEKTRONIKI W BUDOWIE I STEROWANIU BEZPRZEWODOWYM POJAZDEM INSPEKCYJNYM

Streszczenie

W artykule przedstawiono i omówiono elektroniczną strukturę blokową oraz poszczególne elementy bezprzewodowego pojazdu inspekcyjnego do przewodów wentylacyjnych. Nowoczesna elektronika robota to przede wszystkim wydajny, szybki, 32-bitowy procesor, radiowe sterowanie, bezprzewodowa, kolorowa kamera oraz czujniki mierzące wszystkie niezbędne parametry w kanale wentylacyjnym. Dodatkowo, zastosowano czujniki warunków środowiskowych (temperatura, wilgotność oraz wykrywanie obecności gazu). Procesor steruje elementami wykonawczymi za pomocą kluczy wyjściowych. Elementami wykonawczymi są w większości silniki elektryczne: podwozia, ramienia, pozycjonera kamery i wspomagającego koła pionowego. Oprócz silników, procesor łączy buzzer oraz oświetlenie LED i halogen. Bezprzewodowa kamera z mikrofonem jest obwodem niezależnym jedynie zasilanym z akumulatora robota. Budowany robot „Inspektor 1” wyposażony w wiele nowoczesnych podzespołów elektronicznych oraz nowatorskich rozwiązań konstrukcyjnych stanowi wysmienite narzędzie do inspekcji i czyszczenia kanałów wentylacyjnych. Jest on jednocześnie rozwiązaniem konkurencyjnym do fabrycznych robotów tego typu stosowanych w przemyśle.

Słowa kluczowe: *mobilny robot inspekcyjny, kanał wentylacyjny, schemat blokowy, sterowanie radiowe, czujniki*

1. Wstęp

W dobie rozwijającej się elektroniki budowa innowacyjnego, mobilnego, zdalnie sterowanego robota wymaga zastosowania w nim wielu nowoczesnych podzespołów.

W Studenckim Kole Naukowym Zastosowań Mechatroniki „Elmech” na Politechnice Lubelskiej, realizowany jest projekt robota „Inspektor 1” służącego do inspekcji i czyszczenia kanałów wentylacyjnych [1].

Robot posiada własne zasilanie, jest sterowany bezprzewodowo i w ten sam sposób przesyła obraz z zamontowanej na nim kolorowej kamerze. Napęd realizowany jest poprzez dwa mikrosilniki wyposażone w przekładnie mechaniczne i czujniki obrotów – halla.

W nowatorskim rozwiązaniu wspomagającego pionowego koła dociskowego (zmniejszanie poślizgu kół) zastosowano czujnik siły nacisku aby kontrolować wartość siły z jaką koło to przylega do górnej ścianki kanału.

Za pomocą ruchomego, sterowanego ramienia z zamontowanymi końcówkami (chwytnak, szufelka lub szczotki) robot może wykonywać funkcje czyszczące w kanałach wentylacyjnych.

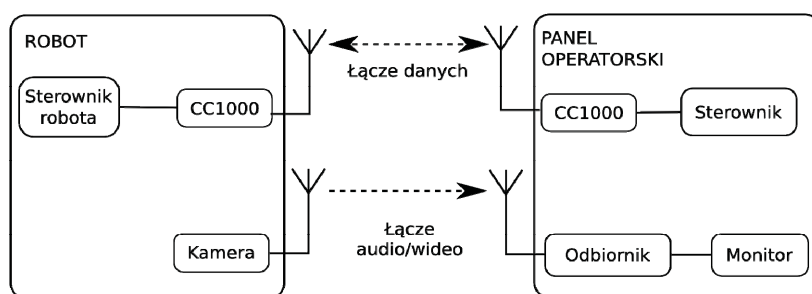
Robota wyposażono w kilka czujników warunków środowiskowych: cyfrowy czujnik temperatury i wilgoci, czujnik ilości przepływu i kierunku powietrza oraz czujnik obecności gazu w kanale – czego nie posiadają nawet roboty przemysłowe budowane specjalnie do celów inspekcji i czyszczenia kanałów wentylacyjnych.

2. Schemat blokowy systemu inspekcyjnego „Inspektor 1”

System inspekcyjny „Inspektor 1” realizuje w kanale wentylacyjnym następujące zadania:

- podgląd wnętrza kanału wentylacyjnego,
- określanie odległości od ścianki kanału lub przeszkody,
- monitorowanie warunków we wnętrzu kanału:
 - temperatura,
 - wilgotność,
 - oświetlenie,
 - kierunek przepływu powietrza,
 - siła ciągu powietrza w kanale,
 - obecność gazów palnych,
- czyszczenie i usuwanie przeszkód z kanału,
- praca bezprzewodowa,
- praca autonomiczna przy spadku zasięgu lub krytycznym wyczerpaniu akumulatorów.

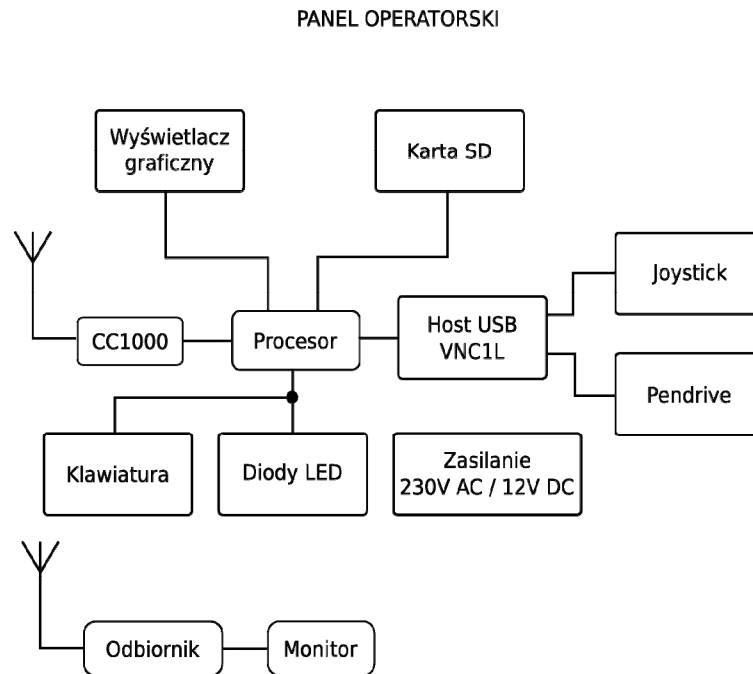
Robot sterowany jest przez panel operatorski, który oprócz wyświetlania danych telemetrycznych pozwala na oglądanie obrazu z kamery wideo zainstalowanej na ruchomej platformie. Rys. 1 przedstawia schemat blokowy systemu „Inspektor 1”. Posiada on dwa niezależne łącza radiowe - jedno wykorzystywane do sterowania oraz zbierania danych z robota, drugie do transmisji danych wizyjnych rejestrowanych za pomocą kamery wideo.



Rys. 1. Schemat blokowy systemu inspekcyjnego „Inspektor 1”
Fig. 1. Block scheme of the inspecting system „Inspector 1”

2.1. Panel operatora

Zadaniem Panelu operatora jest zapewnienie osobie sterującej robotem wizualizację danych zbieranych z czujników robota oraz ich rejestrowanie na zewnętrznej pamięci USB. Schemat blokowy panelu operatorskiego przedstawia Rys. 2.



Rys. 2. Schemat blokowy panelu operatorskiego systemu "Inspektor 1"
 Fig. 2. Block scheme of the operational panel of the system "Inspektor 1"

Sterowanie robota odbywa się za pomocą joysticka USB podłączonego do hosta USB. Operator za jego pomocą może zmieniać położenie ramienia, ustawienie kamery bądź kierunek jazdy robota. Dodatkowo za pomocą klawiatury lub przycisków na joysticku można wywoływać funkcje specjalne np. przełączyć sonar w tryb ciągłego próbkowania odległości czy włączyć oświetlenie.

2.2. Robot inspekcyjny

Robot „Inspektor 1” składa się z kilku podzespołów z niezależnymi sterownikami. Zostały one podzielone ze względu na zadanie jakie mają spełniać w systemie. Główny sterownik zajmuje się zbieraniem danych z czujników, reagowaniem na sytuacje alarmowe, oraz komunikowanie się z panelem operatorskim. Przejmuje on także kontrolę nad robotem w momencie gdy uaktywni się tryb powrotu (przez krytyczne rozładowanie akumulatora, zanik zasięgu łącza radiowego lub uruchomienie go z konsoli operatora). Tryb powrotu realizowany jest dzięki zapisanej trasie pojazdu (za pomocą wartości względnych) na szeregową pamięć flash podłączonej do sterownika głównego. W tej pamięci zapisywane są też ustawienia samego sterownika. Schemat blokowy robota przedstawia Rys. 3.

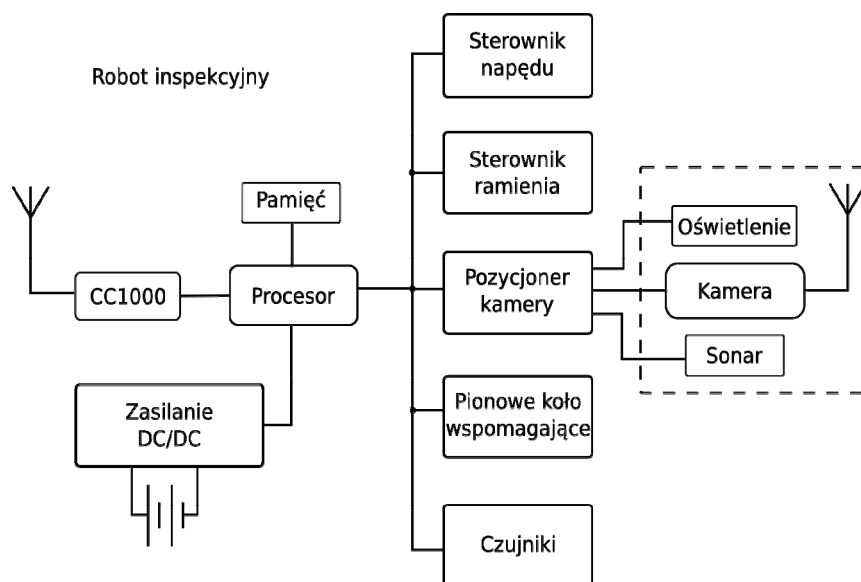
3. Wykorzystane podzespoły elektroniczne

3.1. Procesor

AT91SAM7S (Fot. 1.) są to 32-bitowe mikrokontrolery z rdzeniem ARM7TDMI o architekturze RISC (Reduced Instruction Set Computers) z pamięcią Flash i SRAM. W zależności od modelu, wielkość pamięci Flash wynosi od 16 kB do 512 kB, a pamięci SRAM od 4 kB do 64 kB. Mogą być

taktowane zegarem do 55 MHz. Posiadają wiele urządzeń peryferyjnych tj. timery z kanałami PWM, 10-bitowe przetworniki analogowo-cyfrowe, interfejsy USART, USB-UDP, TWI (two wire interface), SPI (serial peripheral interface), JTAG.

Charakteryzują się małym poborem mocy. Przykładowo przy taktowaniu zegara częstotliwością 55 MHz i przy włączonych wszystkich peryferiach pobór prądu wynosi 33 mA. Są też bardzo atrakcyjne ze względu na swoją dużą moc obliczeniową w stosunku do ceny.



Rys. 3. Schemat blokowy sterownika robota systemu "Inspektor 1"
Fig. 3. Block scheme of the driver of the robot of the system "Inspektor 1"



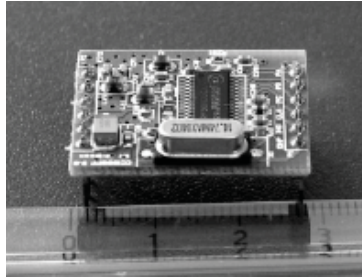
Fot. 1. Procesor AT91SAM7S256 [4]
Pic. 1. Processor AT91SAM7S256 [4]

3.2. Sterowanie radiowe

Radiomodem CC1000 firmy Chipcon (Fot. 2.), pracuje w nie licencjonowanym paśmie 866 MHz z regulowaną mocą wyjściową do 10 dBm. Szybkość transmisji danych w torze radiowym jest zmienna w zakresie 600 b – 9600 b. Moduł zasilany jest napięciem 6-12 V przy wydajności prądowej ok. 100 mA [9].

Moduł CC1000 jest jednocukłowym nadajnikiem/odbiornikiem danych cyfrowych pracującym w zakresie częstotliwości 300-1000 MHz. Biorąc pod uwagę możliwości tego układu w stosunku do jego ceny, stanowi on idealne rozwiązanie problemu dwukierunkowej transmisji danych na niewielkie odległości.

Do budowy toru radiowego współpracującego z robotem wykorzystano dwa gotowe moduły zawierające układ CC1000 wraz z kilkoma niezbędnymi elementami, przystosowującymi go do pracy w paśmie 866 MHz.



Fot. 2. Wygląd płytki radiomodemu CC1000 [6]
Pic. 2. Shallow appearance of the CC1000 radiomodem [6]

2.3. Bezprzewodowa kamera

Jako elementu rejestrującego obraz wnętrza kanału, użyto bezprzewodowej, kolorowej kamery z mikrofonem - typu 208C (Fot. 3.). Zasilana ze źródła napięcia stałego 9 V, pobiera maksymalnie 200 mA prądu pracując z częstotliwością 1,2 GHz i mocą wyjściową 50 mW. Zasięg kamery w terenie otwartym wynosi ok. 50-100 m.



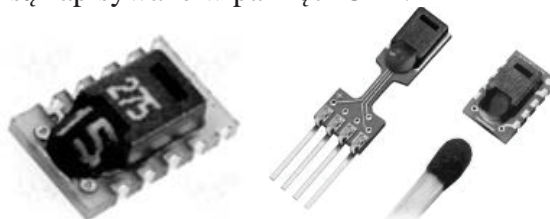
Fot. 3. Wygląd zestawu bezprzewodowej kamery 208C wraz z odbiornikiem [2]
Pic. 3. Appearance of the set of the cordless 208C camera together with the receiver [2]

Obraz za pomocą odpowiedniego odbiornika można oglądać na ekranie monitora LCD, telewizora, komputera wyposażonego w kartę TV lub innego urządzenia posiadającego wejście video. Kamera jest zamocowana za pomocą łożysk tocznych na obrotowym korpusie i sprzężona mechanicznie z serwomechanizmem umożliwiającym obracanie kamerą w poziomie (funkcja rozglądania) oraz w kierunku pionowym.

2.4. Podstawowe czujniki

2.4.1. Czujnik temperatury i wilgoci SHT15

Czujniki zespolone wilgotności względnej i temperatury (Fot. 4.) wykonane są w postaci jednej struktury. Zapewniają wysoką niezawodność i stabilność w długim okresie czasu. Struktura zawiera pojemnościowy polimerowy czujnik wilgotności oraz czujnik temperatury. Oba te elementy współpracują z 14 bitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym oraz szeregowym interfejsem umieszczonymi w tym samym chipie. Konstrukcja taka zapewnia niezwykle wysoką jakość sygnału, krótki czas odpowiedzi i odporność na zewnętrzne zakłócenia EMC. Każdy czujnik jest indywidualnie kalibrowany w precyzyjnej komorze wilgotnościowej. Współczynniki kalibracyjne są zapisywane w pamięci OTP.

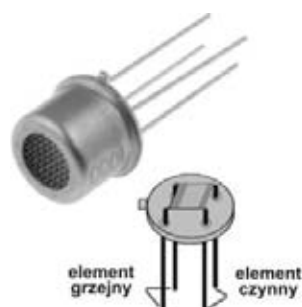


Fot. 4. Wygląd zespolonego czujnika SHT15 [3]
Pic. 4. Appearance of the united SHT15 sensor [3]

Szeregowy interfejs 2 przewodowy, wewnętrzny układ regulacji napięcia, niewielkie rozmiary i niski pobór energii umożliwiają zastosowanie czujnika nawet w najbardziej wymagających aplikacjach. Czujniki są dostępne w 4-pinowej obudowie SIL (SHT1x) lub SMD (SHT7x).

2.4.2. Czujnik obecności gazu CZGPAL

Czujnik uniwersalny do wykrywania wycieków gazów CH_4 , CO , H_2 , o wysokiej dokładności w obudowie TO39 (Fot. 5) zawiera element grzejny i element czynny reagujący na obecność gazu zmianą rezystancji. Klasa dokładności elementu czynnego $R_S/R_{S0} \pm 10\%$.



Fot. 5. Wygląd zewnętrzny i budowa wewnętrzna czujnika gazu (detekcja CH_4 , CO , H_2) CZGPAL [3]
Pic. 5. The outward appearance and the internal structure of the sensor of gas (CH_4 detection, CO , H_2) CZGPAL [3]

2.4.3. Czujnik nacisku CZN-CP15

Foliowe samoprzylepne czujniki siły nacisku (Fot 6.) działają podobnie jak w klawiaturze foliowej, z tą różnicą, że zamiast przełączenia, następuje spadek rezystancji przycisku, zależny od wartości przyłożonej siły. Są prostsze i łatwiejsze w zastosowaniu od czujników tensometrycznych, a w niektórych aplikacjach są dla nich tanią alternatywą.

Foliowy czujnik siły nacisku zamontowany jest w kolumnie pionowego wspomagającego koła dociskowego. Jego zadaniem jest kontrola siły docisku koła wspomagającego do ścianki górnej kanału wentylacyjnego. Dość szeroki zakres sił nacisku (od 0,2 do 100 N) umożliwia precyzyjną regulację siły docisku za pomocą silnika z przekładnią ślimakową.



Fot. 6. Wygląd foliowego czujnika nacisku CZN-CP6 [3]
Pic. 6. Appearance of the plastic push sensor CZN-CP6 [3]

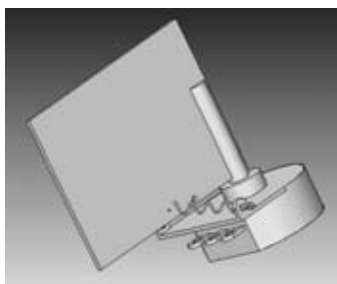
Wspomagające koło dociskowe służy do zwiększenia siły nacisku kół robota na podstawę kanału, zwiększając w ten sposób tarcie co powoduje zmniejszenie poślizgu. Regulacja poślizgu - to nowatorskie rozwiązanie, które umożliwia wjazd robota do kanału o zwiększonej pochyłości oraz jazdę w kanałach pionowych.

Rezystancyjne czujniki nacisku stosowane są głównie w układach alarmowych, klawiaturach, technice motoryzacyjnej (np. detekcja zajęcia miejsca w fotelu), prostych przetwornikach siły itp.

2.4.4. Czujnik przepływu i kierunku powietrza

Jako czujniki natężenia przepływu i kierunku powietrza w kanale wentylacyjnym, został wykorzystany potencjometr z zespołem sprężyn oraz powierzchnią oporową (Rys. 4).

Powierzchnia oporowa jest ustawiona prostopadle do długości kanału wentylacyjnego. Ciąg powietrza trafiając na powierzchnię oporową powoduje zwiększenie naprężenia jednej ze sprężyn i obrót osi potencjometru o pewien kąt. Po zaniku ciągu, sprężyny ustalają położenie początkowe dla powierzchni oporowej potencjometru.



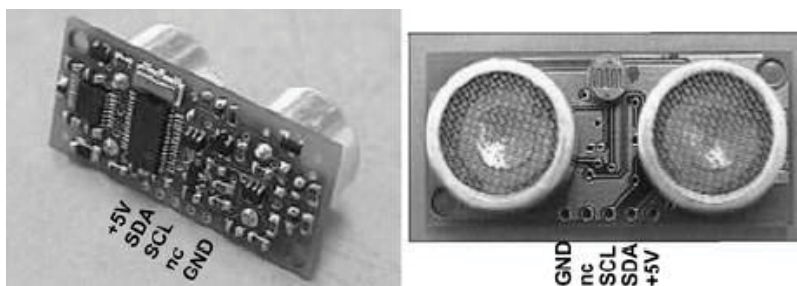
Rys. 4. Wygląd czujnika przepływu i kierunku powietrza
Fig. 4. Appearance of the sensor of the flow and direction of air

Rezystancja potencjometru zależna od kierunku i siły ciągu w kanale, jest proporcjonalna do wytworzonego spadku napięcia stałego na dzielniku rezystancyjnym.

2.4.5. Czujnik odległości (sonar ultradźwiękowy) SFR08 i czujnik natężenia światła

Moduł sonaru SFR08 (Fot. 7) zbudowano w oparciu o mikroprocesor PIC 16F872 gwarantujący niski pobór prądu, (typowo od 12 mA w trybie skanowania do 3 mA w trybie oczekiwania). Komunikacja z modułem odbywa się za pomocą magistrali I2C i w obsłudze przypomina komunikację z szeregową pamięcią typu 24xx. [7]

Dzięki wyposażeniu sonaru w fotorezystor, oprócz informacji o odległości do najbliższej przeszkody, można odczytać z modułu informację o natężeniu światła padającego na układ.



Fot. 7. Wygląd czujnika odległości (sonaru ultradźwiękowego) SFR08 z opisem wyprowadzeń [4]
Pic. 7. Appearance of the sensor of the distance (ultrasonic sonar) SFR08 with the description outputs [4]

3. Wnioski

Budowany robot „Inspektor 1” wyposażony w wiele nowoczesnych podzespołów elektronicznych oraz nowatorskich rozwiązań konstrukcyjnych stanowi wyśmienite narzędzie do inspekcji i czyszczenia kanałów wentylacyjnych. Jest on jednocześnie rozwiązaniem konkurencyjnym do fabrycznych robotów tego typu stosowanych w przemyśle.

Bogate wyposażenie czujników środowiskowych przekazuje operatorowi wiele cennych informacji o warunkach panujących w kanale (temperatura, wilgotność, obecność gazu, siła i kierunek ciągu powietrza, natężenie światła itd.).

4. Literatura

- [1] Filipek, P., SKN Elmech, *Prezentacja projektu konkursowego „Inspektor 1”*, (materiał niepublikowany), Lublin 2008.

- [2] <http://www.swiatradio.com.pl/virtual/print.php?sid=34> - Minikamera bezprzewodowa 208c i 202b - zestaw radiowy.
- [3] <http://www.tme.pl/> - Katalog produktów TME.
- [4] http://www.futuraelectronica.net/pdf_ita/7300-SRF08.pdf - Budowa sonaru.
- [5] http://www.adinco.nl/download/iron_core/A88_RH158_DCmotor_with_integrated_gearbox_rev0.pdf - Silnik z przekładnią RH158-12-200.
- [6] <http://www.soyter.pl/index.php?pid=273> - Radiomodem CC1000.