

Analiza mikroprocesorowych systemów pomiarowych do zastosowań w tekstronice

Streszczenie. Artykuł przedstawia system tekstroniczny monitorujący funkcje życiowe człowieka. Autorzy przedstawili porównanie kilku popularnych mikroprocesorów wykorzystanych w systemie tekstronicznym. Celem autorów był projekt nieinwazyjnego systemu monitorującego funkcje życiowe człowieka. Dodatkowo artykuł zawiera opis wpływu zakłóceń na tekstroniczne linie sygnałowe.

Abstract. In the paper the prototype of a textronics system for monitoring one of the most vital human signals, the frequency of breathing are presented. The authors present compare between popular microcontrollers particularl useful for the designed textronic applications. The authors focused on the design and description of a non-invasive system of health monitoring, which extends traditional clothing functions. In the paper the noises in signal lines of the textronic system are presented. (**Analysis of microprocessor measurements system for textronic application**).

Słowa kluczowe: system tekstroniczny, odzież inteligentna, tekstronika

Keywords: textronic system, smart clothing, Textronics

Wstęp

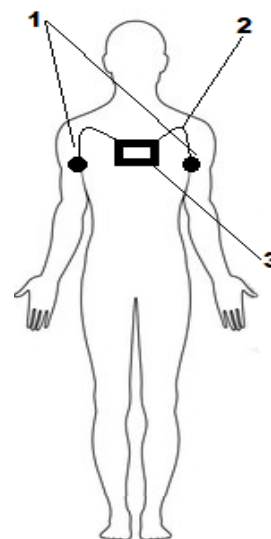
W artykule przedstawiono koncepcje systemu pomiarowego, w którym wykorzystano zestaw czujników tekstronicznych oraz nowoczesne metody przetwarzania i transmisji danych. Podstawowe sensory, według założeń projektu, mają być wytworzone w postaci włókien, charakteryzujących się odpowiednimi właściwościami elektrycznymi i mechanicznymi przy zachowaniu wymaganej dokładności i powtarzalności pomiarów. W tym celu zostanie przeprowadzona ocena możliwości adaptacji istniejących rozwiązań lub podjęta zostanie próba opracowania innowacyjnych czujników zdolnych do prawidłowego funkcjonowania w odzieży codziennego użytku, wystawionej na okresowe działanie czynników zewnętrznych.

Analiza funkcji życiowych pacjentów takich jak tętno, rytm oddechu i temperatura ciała z wykorzystaniem zewnętrznej aparatury pomiarowej jest mało komfortowa oraz wiąże się ze stacjonarnością pomiaru [8]. Dodatkowo u noworodków ciągły pomiar funkcji życiowych uzasadniony jest możliwością występowania zaburzeń rytmu oddechu. Pomiar temperatury, w przypadku małych dzieci stanowi problem nie tylko medyczny. Konieczność utrzymania dziecka w bezruchu i związana z tym niedokładność pomiaru skutecznie uniemożliwia dokonanie prawidłowego badania.

Dynamiczny rozwój mikroelektroniki oraz elastycznych materiałów przewodzących umożliwiła implementację czujników pomiarowych w odzieży. Takie rozwiązanie pozwala analizować funkcje życiowe pacjenta całodobowo podczas wykonywania codziennych prac. Komfort użytkowania oraz obszerna analiza funkcji życiowych skłoniły badaczy do poszerzenia tej dziedziny wiedzy [7],[3].

Większość czujników przesyła dane pomiarowe w sposób analogowy. Niesie to ze sobą pewne komplikacje, które w tym artykule zostały omówione. Zaproponowano również sposoby ich eliminacji. Pierwszym problemem jest spadek napięcia na linii przesyłowej co przekłada się na dokładność wyników pomiarów. Zakładając, iż napięcie zasilania systemu wynosi 3,3 V lub 5 V, nawet minimalny spadek napięcia powoduje znaczny wzrost błędów pomiarowych. Drugim problemem są wyładowania elektrostatyczne, które nie tylko wpływają na wyniki pomiarów, ale mogą również uszkodzić na przykład wrażliwy na przepięcia przetwornik analogowo-cyfrowy zawarty w sterowniku mikroprocesorowym. Kolejnym problemem jest wpływ dynamicznej rezystancji linii na sygnał analogowy zawierający dane pomiarowe oraz wpływ

zakłóceń elektromagnetycznych generowanych przez sprzęt gospodarstwa domowego.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia tekstronicznych linii przesyłowych (1 - czujniki pomiarowe, 2 - linie przesyłowe, 3 - układ pomiarowy)

W systemie proponuje się także zastosowanie czujników, posiadających dwukierunkowe magistrale dzięki, którym dane pomiarowe przesyłane są w sposób cyfrowy co w znacznym stopniu eliminuje problem spadku napięcia na linii przesyłowej dla komunikacji czujnik - mikroprocesor w systemie tekstronicznym. Zakłócenia, które w tym przypadku stanowią największy problem mogą być kompensowane programowo lub poprzez filtrację. Jednakże zastosowanie dużej liczby czujników wyposażonych w interfejs cyfrowy wymusza zastosowanie wyspecjalizowanych mikroprocesorów co przekłada się na wzrost kosztów całego systemu. W pracy rozważono również optymalne zagospodarowanie peryferiami dostępnymi na rynku mikroprocesorów stanowiących serce układu przetwarzającego dane pomiarowe.

Budowa systemu mikroprocesorowego

Nieodzowną częścią systemu diagnozującego funkcje życiowe człowieka, wykorzystującego czujniki tekstroniczne są mikroprocesory. W literaturze spotyka się rozwiązania systemów diagnostycznych w oparciu o nowoczesne

mikrokontrolery, posiadające niezbędne peryferia takie jak przetworniki analogowo - cyfrowe, szybkie moduły komunikacji przewodowej, pamięć RAM oraz Flash . Ważną kwestią jest wysoki stopień integracji, gdyż dodawanie układów peryferyjnych zwiększa znacznie awaryjność całego systemu pomiarowego. Mikrokontroler ponadto powinien wyróżniać się dużą mocą obliczeniową oraz małym poborem prądu co dyskwalifikuje większość typowych układów. Niektóre firmy produkują specjalistyczne procesory o obniżonym poborze prądu w technologii nanoWatt lub zalecają odpowiednią konfigurację sprzętową, aby na czas bezczynności układ przechodził w stan czuwania [9], [10]. Z uwagi na wymogi stawiane przez system tekstroniczny wybór mikrokontrolera sterującego pracą ograniczono pod kątem niskiego poboru prądu oraz szerokiej gamy peryferii umożliwiających komunikację z czujnikami i zewnętrzną aparaturą badawczą [5].

W analizie wykorzystano trzy rodzaje mikrokontrolerów wyposażonych w peryferia takie jak przetworniki analogowo-cyfrowe, liczniki oraz interfejs komunikacyjny. W komunikacji komputer mikrokontroler wykorzystano interfejs UART oraz autorskie oprogramowanie.

Tabela 1. Parametry wybranych mikrokontrolerów

Rodzaj mikrokontrolera	Atmega328	dsPIC30F6011	STM32F103
Szybkość	1MIPS na MHz	30 [MIPS]	1.25 [DMIPS] na MHz
Przetworniki	10 bit A/D 6 kanałów	1-A/D 16x12-bit przy 200(kcps)	2 x 12-bit, 1 μs A/D (16 kanałów)
Komunikacja	USART I ² C	UART I ² C	USART I ² C USB 2.0
Pamięć [kB]	32	132	32
Napięcie pracy [V]	2-5,5	2,5-5,5	2.0-3.6
Liczba dostępnych portów	23	52	51
Pobór prądu w trybie uśpienia	Oszczędzanie energii: 0.75μA Uśpienie: 0.1μA	W zależności od konfiguracji Oszczędzanie energii: 0.75μA	Power-down mode / Stop, VDD = 3.0 -3.6V 50 μA
Technologie oszczędzania energii	Idle, , Power-save, Power-down, Standby, Extended Standby	Sleep, Idle and Alternate Clock modes	Sleep, Stop and Standby modes VBAT supply for RTC and backup registers

Komunikację komputer-mikroprocesor przeprowadzono z wykorzystaniem konwertera USB-UART o oznaczeniu FT232. Układ zapewnia dostateczną szybkość oraz powoduje, iż system może bez przeszkód być testowany na dowolnym komputerze wyposażonym w gniazdo USB. Dodatkowo dzięki dostępnym bibliotekom możliwe jest tworzenie oprogramowania, które może analizować, przetwarzać i archiwizować dane przesyłane wprost z systemu mikroprocesorowego. Rysunek 2 przedstawia autorskie oprogramowanie, które w fazie projektowania systemu umożliwiało analizę przesyłanych danych oraz pozwalało na programową kalibrację czujników pomiarowych. Do budowy systemu wykorzystano tekstroniczne linie przesyłowe zbudowane z nici przewodzących o oporze ok. 92 Ω/m. Z uwagi na spadek napięcia na linii przesyłowej oraz dynamiczną zmianę impedancji związaną z mechanicznymi naprężeniami, w algorytmie odczytu danych pomiarowych zawarto kompensacje, które znacznie poprawiły pracę systemu.



Rys. 2. Program analizujący dane

Powyższy rysunek przedstawia pracę systemu tekstronicznego bez kompensacji danych wejściowych. Czujnik analogowy przesyła dane pomiarowe do przetwornika analogowo-cyfrowego zawartego w strukturze mikrokontrolera, który komunikuje się z komputerem poprzez odpowiedni interfejs. Mikrokontroler odpowiada jedynie za przesył danych z wykorzystaniem dostępnych technik przewodowych oraz bezprzewodowych.



Rys. 3. Ogólny schemat systemu tekstronicznego wykorzystującego czujniki analogowe

Zakłócenia oraz metody ich eliminacji

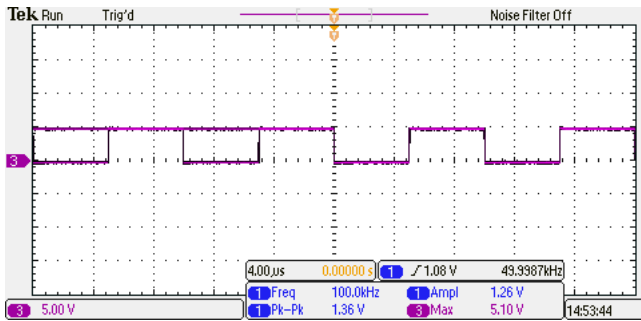
W celu eliminacji zakłóceń do programu dodano szereg funkcji filtrujących dane wejściowe wykorzystujących fakt, iż np. temperatura ciała człowieka nie może nagle wzrosnąć o kilka stopni. Dane tego typu są odrzucane przez system i traktowane jako błąd pomiarowy. Przykład prostej funkcji filtrującej został zamieszczony poniżej.

```
double stare_dane;
double nowe_dane;
double roznica;
bool selektor_danych(double dane)
{
    nowe_dane=dane;
    roznica=nowe_dane-stare_dane;
    if(roznica<0)
        roznica=-roznica;
    if(roznica>2)
        return false;
    else
    {
        stare_dane=nowe_dane;
        return true;
    }
}
```

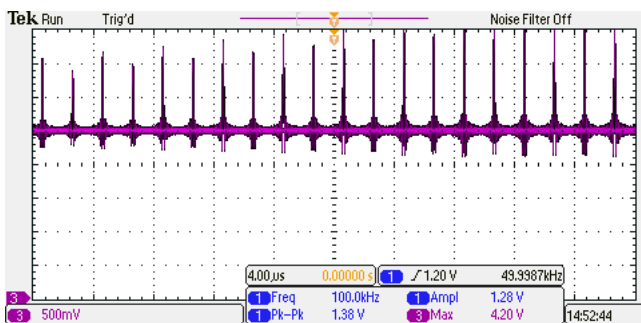
Rys. 3. Funkcja filtrująca dane pomiarowe

Powyższy przykład funkcji selekcyjnej dane nie może być wykorzystany do badania parametrów rytmu oddechu, gdyż występują tam szybkozmienne przebiegi.

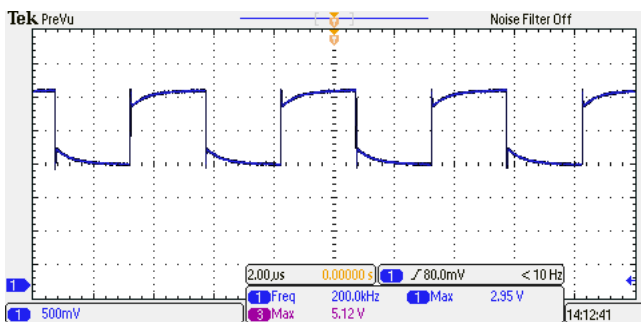
Cyfrowe czujniki zawierające w swojej strukturze interfejs komunikacyjny I2C (TWI) są bardziej odporne na zakłócenia jednakże znaczne spadki napięcia spowodowane dużą impedancją linii przesyłowej również wpływają na wyniki pomiarów. W tego typu systemach zalecane jest stosowanie zabezpieczeń w postaci sum kontrolnych, które sprawdzają czy pakiet danych nie zawiera błędów.



Rys. 4. Sygnał cyfrowy z czujnika temperatury



Rys. 5. Sygnał dochodzący do mikrokontrolera



Rys. 6. Tłumienie oraz zniekształcenie sygnału na końcu linii pomiarowej z zastosowaniem filtracji

Podsumowanie

System mikroprocesorowy do zastosowań w tektonice musi wyróżniać się niskim poborem prądu, mechanizmami "uśpienia" oraz szybkiego "wybudzenia", które przygotowuje układ do normalnej pracy. Wbudowane szybkie przetworniki analogowo-cyfrowe umożliwiają pomiar wielkości nieelektrycznych na podstawie sygnałów elektrycznych wysyłanych przez czujniki. W analizowanym układzie pomiarowym najlepszym okazał się mikrokontroler

dsPIC30F6011 z uwagi na rozbudowane możliwości konfiguracji systemów oszczędzania energii oraz niski pobór prądu. Rozbudowane peryferia dają możliwość rozbudowy systemu mikroprocesorowego, a szybkie przetworniki analogowo-cyfrowe mogą pracować podczas "uśpienia" mikrokontrolera co przekłada się na dłuższą pracę systemu.

LITERATURA

- [1] Gniołek K., Frydrych I., Systemy tektoniczne w mechatronice [w:] Wiak S. (red.), Mechatronika, tom 2, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Łódź 2010
- [2] Gniołek K., Frydrysiak M., Ziegler S., Czujnik do pomiaru temperatury na powierzchni odzieży i między jej warstwami. Zgłoszenie patentowe P-383441, 2007
- [3] Gniołek K., Gołębiowski J., Leśnikowski J., Temperature Measurements in a Textronic Fireman Suit and Visualisation of the Results, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, January/March 2009, Vol. 17, No. 1 (72),
- [4] Gniołek K., Krucińska I., The basic problems of textronics, Fibres & Textiles in a Eastern Europe. 2004, Tom vol.12, no.1 (45),
- [5] Husain M. D., Kennon R., Preliminary Investigations into the Development of Textile Based Temperature Sensor for Healthcare Applications, Fibres 2013, 1, 2-10
- [6] Kuczowski J., Aktualne problemy w rozpoznawaniu i leczeniu ostrego i wysiękowego zapalenia ucha środkowego, Forum Medycyny Rodzinnej 2011, 4, ,
- [7] Kulus M., Krauze A., Bartosiewicz W., Obturacyjny bezdech senny u dzieci, Pneumologia i Alergologia Polska, tom 75, supl. I (2007), www.pia.viamedica.pl,
- [8] Leśnikowski, J. Modelowanie tekstylnych linii sygnałowych do zastosowań w tektonice
- [9] Karta katalogowa Atmega328 http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Summary.pdf
- [10] Karta katalogowa dsPIC30F6011 <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70143E.pdf>
- [11] Karta katalogowa STM32F103 <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00161566.pdf>

Autorzy: mgr inż. Marcjn Nowak Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: m.nowak9988@gmail.com,
dr inż. Adam Jakubas, Politechnika Częstochowska, Instytut Telekomunikacji i Kompatybilności Elektromagnetycznej, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: adam.jakubas@gmail.com;
mgr inż. Ewa Łada-Tondyra, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: e.lada-tondyra@el.pcz.czest.pl;