

karta pomiarowa, mostek tensometryczny

Krzysztof PODLEJSKI*, Radosław GAC*

KARTA POMIAROWA DO MOSTKA TENSOMETRYCZNEGO

Dostępnych jest wiele kart akwizycji danych pomiarowych. Jednak tylko część z nich posiada układy umożliwiające współpracę z tensometrami lub mostkami tensometrycznymi. Z kart przystosowanych do wykonywania pomiarów z wykorzystaniem tensometrów tylko nieliczne umożliwiają komunikację przez port USB dostępny niemal w każdym komputerze. Przykładami takich kart pomiarowych są: ADT42 firmy WObit [1] lub NI 9237 Measurement Bundle firmy National Instruments [2]. Wyrafinowane cechy metrologiczne tych kart wpływają na ich wysokie ceny. W praktyce dydaktycznej potrzebne są karty pomiarowe o mniejszej dokładności i częstotliwości próbkowania, ale umożliwiające poznanie zagadnień związanych z badaniami tensometrycznymi. W artykule opisano zaprojektowaną i zrealizowaną kartę pomiarową z portem USB, do mostków tensometrycznych ARAP AR201-50 i K200-K-50N-0000 oraz przykładowe wyniki badań. Dodatkowo napisano aplikację w środowisku LabVIEW do wizualizacji wyników pomiarów.

1. WPROWADZENIE

Podstawowe parametry mostków: AR201-50 i K200-K-50N (zakres pomiarowy, przeciążenie użytkowe i graniczne, stała charakterystyczna, rezystancja wejścia i wyjścia, napięcie zasilania) oraz wymagana komunikacja z komputerem za pomocą portu USB określają wymagania na układ kondycjonowania sygnału wyjściowego z mostka tensometrycznego i układ komunikacji. Przyjęto także wykorzystanie portu USB do zasilania karty i mostka. Wstępnie założono, że niedokładność karty będzie wynosiła około 1%.

Napięcia wyjściowe mostków pomiarowych dla znamionowej wartości siły wynoszą: 10 mV dla AR201-50 oraz 20 mV dla K200-50N przy zasilaniu znamionowym. Tak małe

* Politechnika Wrocławska, Katedra Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, ul. Smoluchowskiego 19, 50-370 Wrocław, e-mail: krzysztof.podlejski@pwr.wroc.pl

wartości napięć wymagają zastosowania na wejściu karty układu wzmacniacza różnicowego.

Analiza funkcjonalności, łatwości programowania, poboru mocy, możliwości rozbudowy karty i kosztów skłoniła autorów do wybrania mikrokontrolera ATmega 16 firmy Atmel [3], jako jednostki głównej karty pomiarowej. Mikrokontroler ten zawiera 10 bitowy analogowo-cyfrowy przetwornik kompensacyjny oraz programowany wzmacniacz o maksymalnym wzmocnieniu 46 dB, ale jego wykorzystanie powoduje zmniejszenie rozdzielczości przetwarzania. Korzystniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie dodatkowego wzmacniacza różnicowego.

Założono, że komunikacja USB zrealizowana będzie przez program mikrokontrolera wykorzystujący odpowiednie biblioteki z dodatkowym układem elektronicznym dostosowującym poziomy napięć oraz ograniczającym wartości prądów w celu ochrony mikrokontrolera i portu.

2. REALIZACJA KARTY POMIAROWEJ

Główną rolą układu zasilania jest dostarczenie niezbędnej wartości prądu. Założono wykorzystanie energii dostarczanej z portu USB. Zgodnie ze specyfikacją USB urządzenia zasilane z portu mogą pobierać do 500 mA na gniazdo. Jest to maksymalna wartość natężenia prądu do zasilania karty pomiarowej oraz mostka tensometrycznego z rezystancją wejściową 350 Ω .

W układzie zasilania zastosowano inwerter napięcia niezbędny do zasilania wzmacniacza operacyjnego kondycjonowania sygnału. Ze względu na niską wydajność prądową układu inwertera zdecydowano o zasilaniu mostka tensometrycznego napięciem o wartości 5 V. Dla mostka pomiarowego o rezystancji wejściowej 350 Ω zasilanego napięciem o wartości 10 V pobierany prąd ma wartość około 28 mA. Taka wartość prądu wpływa na niestabilność pracy inwertera.

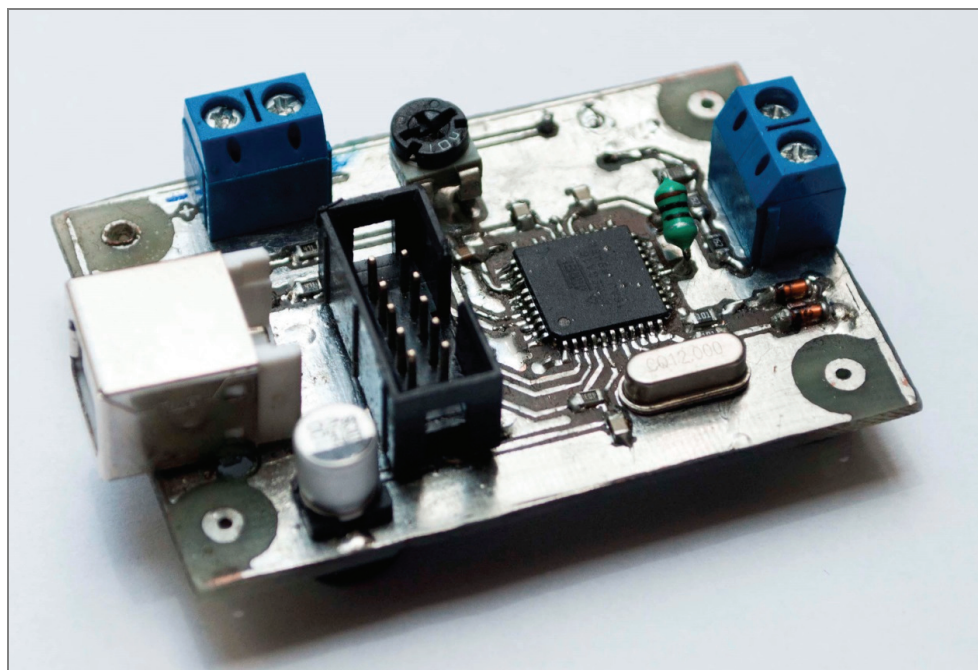
Cały proces komunikacji realizowany jest przez program mikrokontrolera wykorzystujący odpowiednie biblioteki. Układ elektroniczny ma za zadanie dostosowanie poziomów napięć oraz ograniczenie wartości prądów w celu ochrony mikrokontrolera i portu.

Układ kondycjonowania sygnałów z mostka tensometrycznego został wykonany na bazie wzmacniacza pomiarowego AD620C [4]. Wymagana wartość wzmocnienia równa 301 została obliczona przy uwzględnieniu wartości granicznego przeciążenia mostka tensometrycznego. Zastosowano filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości granicznej 7,2 kHz ograniczający szумы o dużej częstotliwości oraz eliminujący zjawiska aliasingu. Maksymalna częstotliwość taktowania przetwornika analogowo-cyfrowego w mikrokontrolerze wynosi 200 kHz. Ze względu na użyty rezonator kwarcowy o częstotliwości 12 MHz konieczne było wykorzystanie preskalera.

W celu wykorzystania jak największego zakresu pomiaru napięcia, napięcie odniesienia przetwornika analogowo-cyfrowego mikrokontrolera zostało ustawione na wewnętrzną wartość 2,56 V

Program realizowany przez mikrokontroler został napisany w języku C dla AVR. Do realizacji komunikacji na poziomie oprogramowania wykorzystano bibliotekę V-USB. Rozwiązanie takie umożliwia uzyskanie prędkości transmisji danych o wartości 1,5 Mb/s i jest w całości zgodne ze standardem USB 1.1. Jako Identyfikator sprzętu i producenta są ustawione odpowiednio PID = 0x05dc oraz VID = 0x16C0. Identyfikatory te są przeznaczone do bezpłatnego użytku przy wykorzystaniu sterownika opartego o libusb (libusb-win32) [5], [6].

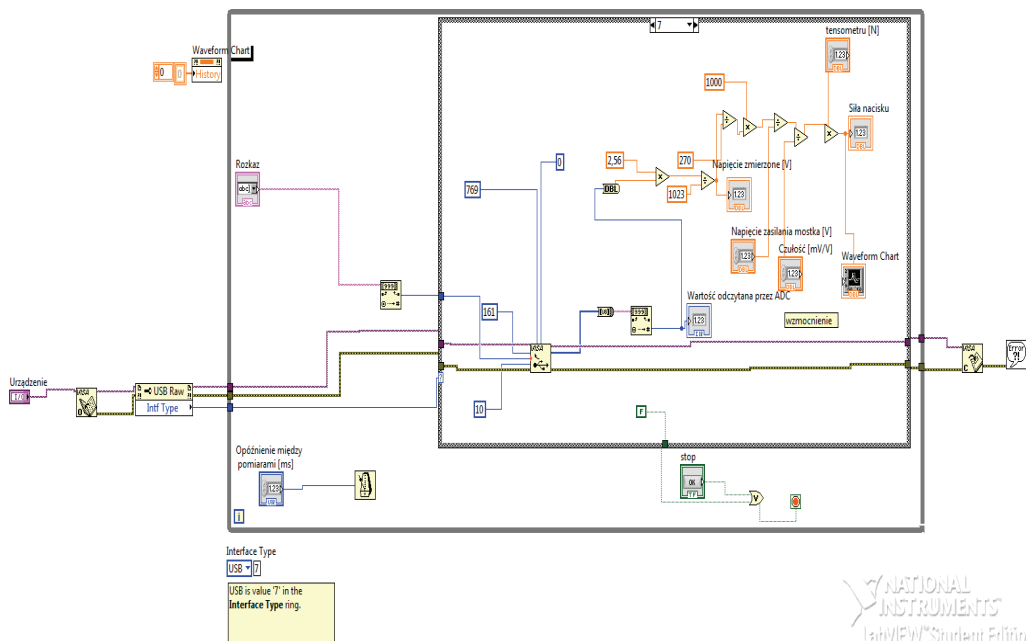
Dla opracowanego układu została zaprojektowana i wykonana płytką drukowaną. Zaprojektowana płytką drukowaną jest dwuwarstwowa, a użyte elementy w większości wykonane w technologii SMT (rys. 1).



Rys. 1. Widok karty pomiarowej

Do prezentacji wyników pomiarów została wykonana aplikacja w środowisku LabVIEW (rys. 2).

Wykorzystanie sterownika przygotowanego za pomocą kreatora dostarczonego z NI-VISA umożliwia aplikacji komunikowanie się z kartą pomiarową za pomocą standardowych bloków środowiska LabVIEW.



Rys. 2. Schemat blokowy aplikacji wykonanej w LabVIEW

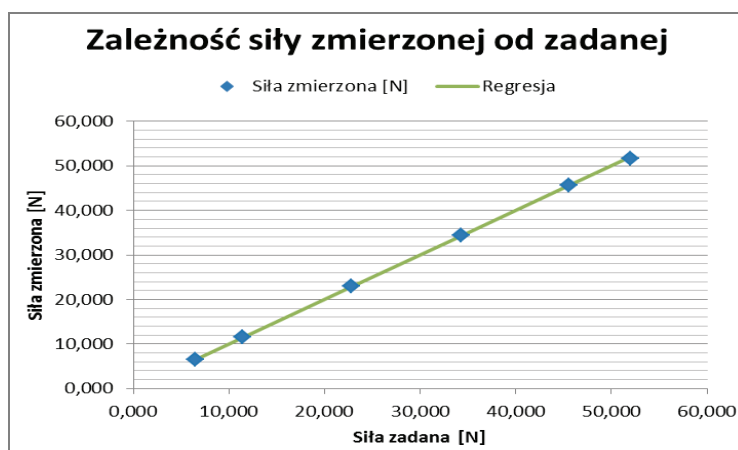
3. WYNIKI BADAŃ

Dla mostka AR201-50 dostępny jest zestaw krążków wykorzystywanych do obciążenia tensometrów. Zestaw ten składa się z 5 krążków o masach: 1,169 kg, 1,165 kg, 1,145 kg, 0,659 kg, 0,508 kg. Przeprowadzono szereg badań wykonanej karty pomiarowej traktując parametry mostka i krążków, jako wartości odniesienia. W pierwszej kolejności określono liniowość charakterystyki przetwarzania karty, jako funkcji wartości napięcia wyjściowego przetwornika analogowo-cyfrowego od zadanej wartości siły. Zaobserwowane przesunięcie charakterystyki skompensowano w układzie wzmacniacza operacyjnego. Wyniki pomiarów wykonanych pojedynczo z wykorzystaniem zrealizowanej karty pomiarowej przy zwiększonym obciążeniu mostka zostały przedstawione na wykresie (rys. 3).

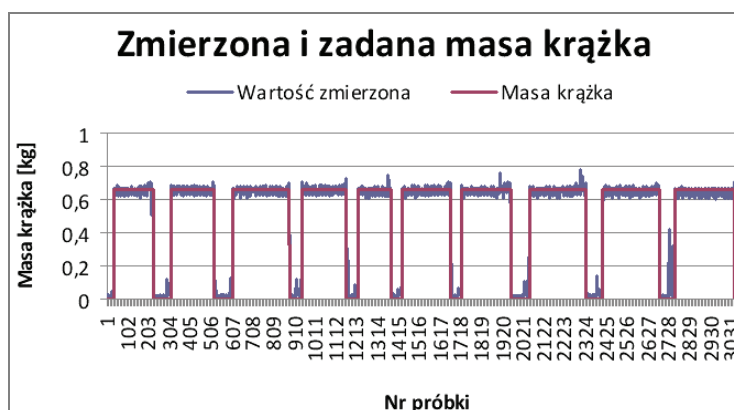
Współczynnik kierunkowy regresji liniowej widocznej na wykresie Rys. ma wartość 1, co świadczy o właściwie dobranej wartości wzmocnienia wykorzystywanego w obliczeniach. Niewielkie przesunięcia punktów względem prostej regresji wynikają z dokładności pomiaru.

Następnie zostały wykonane serie pomiarów dla każdego krążka z osobna. Każdy krążek był podnoszony i opuszczany dziesięciokrotnie, aby zweryfikować dokładność

oraz powtarzalność pomiarów. Sygnał wyjściowy z mostka tensometrycznego próbkowany był, co 50 ms, a dla każdego położenia krążka zostało zebrane ponad 100 próbek. Przykładowe wyniki pomiarów otrzymane dla krążka o masie 0,659 kg przedstawiono na rysunku 4. Piki w przebiegu sygnału zmierzonego wynikają z drgań pręta przenoszącego nacisk na mostek podczas wkładania krążków. Na poziomie wartości „zero” na osi Y widoczne są także piki sygnału powodowane opuszczaniem krążka. Dla każdego zestawu próbek została wyliczona wartość średnia, odchylenie standardowe, wariancja oraz niepewność standardowa i rozszerzona typu A. Dla krążka o masie 0,659 kg niepewność rozszerzona względna wynosi 0,27% a dla pozostałych krążków jest mniejsza od 0,20% (dla $p = 0,95$).

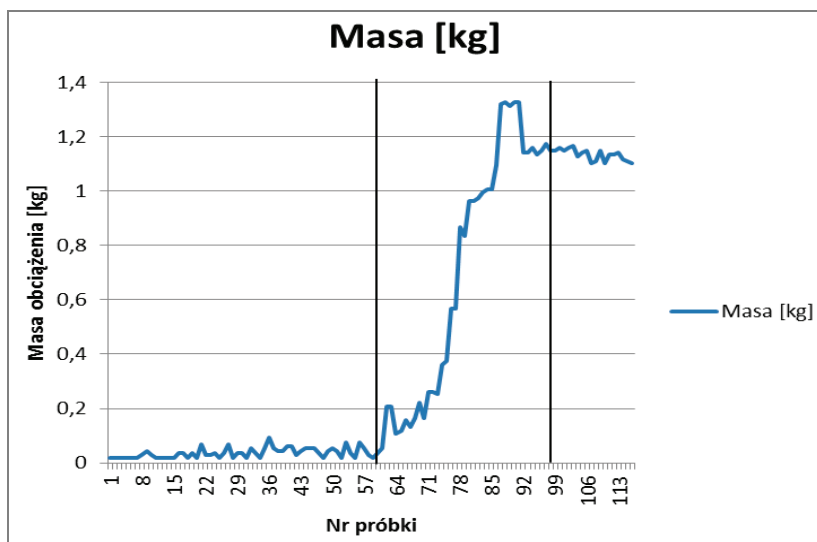


Rys. 3. Zależność siły zmierzonej od zadanej dla pojedynczych pomiarów



Rys. 4. Przykładowa seria pomiarów

Przy opuszczaniu krążka na platformę układu pomiarowego AR201-50 występuje przewartościowanie mierzonej masy. Wynika to z uderzenia sprężystego po opuszczeniu krążka oraz z reakcji tensometru. Przykład takiego przewartościowania został przedstawiony na rysunku 5. Pomiar przeregulowania został zarejestrowany przy próbkowaniu, co 1 ms.



Rys. 5. Zjawiska dynamiczne przy opuszczaniu krążka

Zaznaczone na rysunku 5 „przewartościowanie” masy krążka oraz czas narostu mierzonej wartości trwa około 40 próbek, co odpowiada odcinkowi czasu 40 ms. Samo przewartościowanie trwa około 5 ms.

Maksymalna wartość błędu systematycznego układu złożonego z mostka pomiarowego i karty pomiarowej jest mniejsza od 2,2% a samej karty pomiarowej poniżej 1,2%. Maksymalny błąd przetwornika analogowo-cyfrowego wbudowanego w mikrokontroler ATmega 16 wynosi ± 2 LSB. Dla wykorzystywanego zakresu pomiarowego maksymalny bezwzględny błąd wynosi ± 5 mV, przy rozdzielczości 2,5 mV a względny 0,2%, natomiast rozdzielczość dla pomiaru siły wynosi 0,083 N (dla wartości maksymalnej 85 N). W układzie wzmacniacza zastosowano rezystory o tolerancji 1%.

4. PODSUMOWANIE

Zrealizowana karta pomiarowa oparta jest o mikrokontroler Atmel ATmega 16. Mikrokontroler wyposażony jest w 10 bitowy kompensacyjny przetwornik analogo-

wo-cyfrowy, który zapewnia dosyć szybką konwersję oraz dość dużą dokładność, ale nie posiada sprzętowej obsługi portu USB, więc ten standard komunikacji zrealizowany jest programowo. Komunikacja komputera z mikrokontrolerem oraz wykonywanie pomiarów możliwe jest dzięki napisanemu na mikrokontroler programowi. W celu możliwości wykonania niezbędnych pomiarów została przygotowana aplikacja w środowisku LabVIEW przedstawiająca wyniki pomiarów. W aplikacji zawarto konwersję sygnału na wartość siły wywieraną przez krążek na mostek tensometryczny. Do badań wykorzystany został tylko jeden kanał przetwornika analogowo-cyfrowego. Możliwe jest rozszerzenie układu do obsługi 8 kanałów pomiarowych.

Błąd systematyczny wykonanej karty pomiarowej ma wartość mniejszą niż 1,2%. Duży wpływ na dokładność wykonywanych pomiarów mają tętnienia napięcia zasilania układu karty pomiarowej i mostka. Wyeliminowanie tych tętnień wymaga zastosowania bardziej rozbudowanego układu zasilania. W celu maksymalnego ograniczenia wpływu zakłóceń elektromagnetycznych na sygnał układu kondycjonowania, ścieżki łączące wejście wzmacniacza i złącze do mostka zostały maksymalnie skrócone. Wykonana karta pomiarowa może znaleźć zastosowanie w pomiarach gdzie nie jest potrzebna bardzo duża dokładność pomiaru, a działające siły zmieniają się stosunkowo wolno.

Możliwe jest sterowanie wzmocnieniem z poziomu programu po zastosowaniu potencjometru cyfrowego. Napisany program można rozszerzyć o dodatkowe funkcje np. filtr medianowy, przesyłanie kilku wyników pomiarów w odpowiedzi na pojedyncze zapytanie. Zastosowanie zewnętrznego przetwornika umożliwi zwiększenie rozdzielczości oraz częstotliwości próbkowania karty pomiarowej.

LITERATURA

- [1] WObit., *WObit >> czujniki, napędy, kontrola, mechanika, robotyka*, HMI, www.wobit.com.pl
- [2] Atmel., *ATmega16/L Datasheet*, <http://www.atmel.com/images/doc2486.pdf>
- [3] Atmel., *AVRLibc Reference Manual. Atmel Tool sDocumentation*, <http://www.atmel.no/webdoc/AVRLibcReferenceManual/index.html>
- [4] Analog Devices., *Analog Devices Semiconductors and Signal Processing ICs*. <http://www.analog.com/en/index.html>
- [5] <http://libusb-win32.sourceforge.net/#downloads>
- [6] <http://libusb.sourceforge.net/doc/intro.html>

SPECIALIZED DAQ STRAIN GAUGE MEASUREMENTS

Data acquisition was performed to study strain gauge. Experimental tests were performed. DAQ is uncertainty 1,2%. DAQ execution costs are much lower than the prices of the DAQ-known companies. It is possible to improve the metrological DAQ.