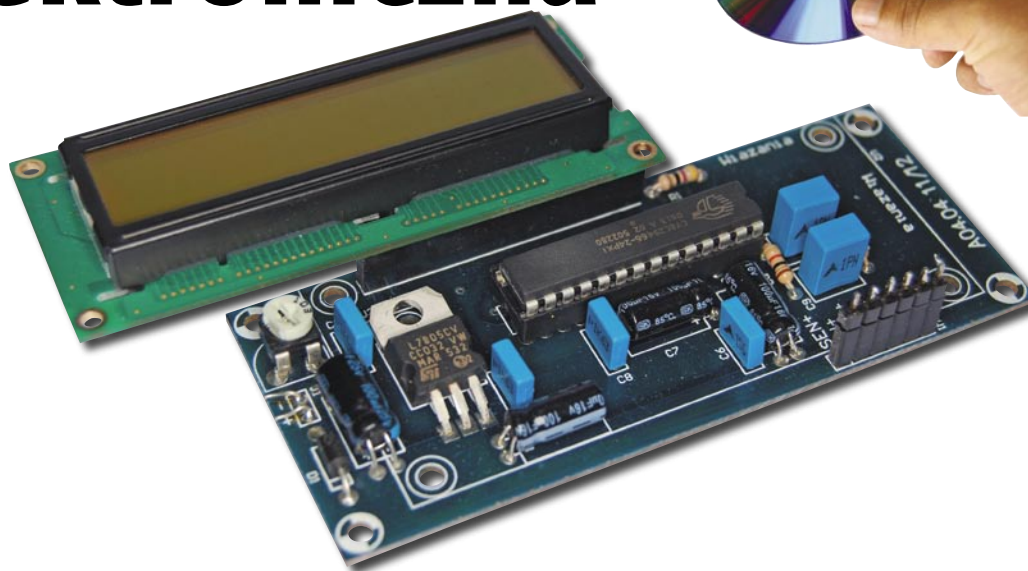


# Waga elektroniczna



Mimo iż wagi mechaniczne są nadal bardzo popularne w wielu zastosowaniach, to jednak produkuje je niewiele firm. Tradycyjne rozwiązania wypierane są przez łatwiejsze w budowie i konstrukcji oraz mające więcej funkcji wagi elektroniczne. Przedstawiamy przykładową konstrukcję wagi elektronicznej z mikrokontrolerem i tensometrem, która może przydać się zarówno do zastosowań domowych, jak i profesjonalnych.

**Rekomendacje:** projekt może zainspirować konstruktorów układów automatyki oraz układów pomiarowych mierzących siłę, naprężenia konstrukcji, ciężar itp.



Wagi elektroniczne powoli wypierają z użytku tradycyjne wagi mechaniczne. Powody są oczywiste: łatwiej je zbudować, skalibrować, mają więcej funkcji użytkowych (zamiana jednostek, archiwizacja wyników pomiarów, możliwość łączenia w systemy pomiarowe itp.). Stało się to możliwe dzięki rozwojowi czujników, wśród których między innymi są czujniki tensometryczne.

Z wykorzystaniem jednopunktowego czujnika tensometrycznego została zbudowana prezentowana w artykule waga elektroniczna. Posiada ona duże walory edukacyjne, gdyż rzadko spotyka się publikacje na temat wykorzystania czujników tensometrycznych.

Waga jest bardzo prosta w budowie, co uzyskano dzięki zastosowaniu mikrokontrolera

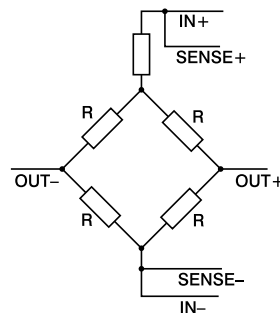
PSoC. Zgodnie z akronimem nazwy (*Programmable System on Chip* – programowany system w układzie), zawiera on cały układ pomiarowy.

Zakres mierzonych przez wagę ciężarów jest zależny od zastosowanego czujnika tensometrycznego. Waga posiada funkcję tarowania służącą do pomiaru różnicy ciężaru towaru z opakowaniem i bez niego. Wynik pomiaru – jak to w nowoczesnych miernikach – wyświetlany jest w postaci cyfrowej oraz bargrafu.

## Czujnik tensometryczny

Dostępnych jest wiele różnych czujników tensometrycznych, posiadających różne przeznaczenia. Wspólną cechą jest to, że do ich konstrukcji wykorzystuje się tzw. tensometry, to jest rodzaj rezystora zmieniającego swoją rezystancję pod wpływem naprężenia mechanicznego. Niezmiernie istotny jest sposób montażu tensometru z uwzględnieniem kierunku, w którym będzie mierzone naprężenie. W związku z tym, że prawidłowy montaż tensometru wiąże się z wieloma aspektami technicznymi (dobór odpowiedniego czujnika do materiału, dobór kleju, montaż doprowadzeń, wiedza na temat tego, jak czujnik zamontować) wiele firm oferuje gotowe rozwiązania, które łączą w sobie tensometr i odpowiednią mechanikę. Taki sensor ma wyprowadzone na zewnątrz zaciski umożliwiające podłączenie urządzenia pomiarowego. Sensor tego typu wykorzystano w opisywanym projekcie.

Czujnik tensometryczny jest podstawowym elementem każdej wagi elektronicznej i to głównie od niego zależy dokładność uzyskiwanych wyników pomiarów. Zbudowano go z rdzenia metalowego, na którym umieszczono rezystory z folii konstantynowej, oraz rezystorów kompensujących wpływ temperatury i wyrównujących oporność w stanie zerowym. Rezystory czujnika połączone są w mostek, a naprężenia ścinające powodują zmiany ich rezystancji



Rys. 1.

## AVT-5177

W ofercie AVT:  
 AVT-5177A – płytka drukowana  
 AVT-5177B – płytka drukowana + elementy

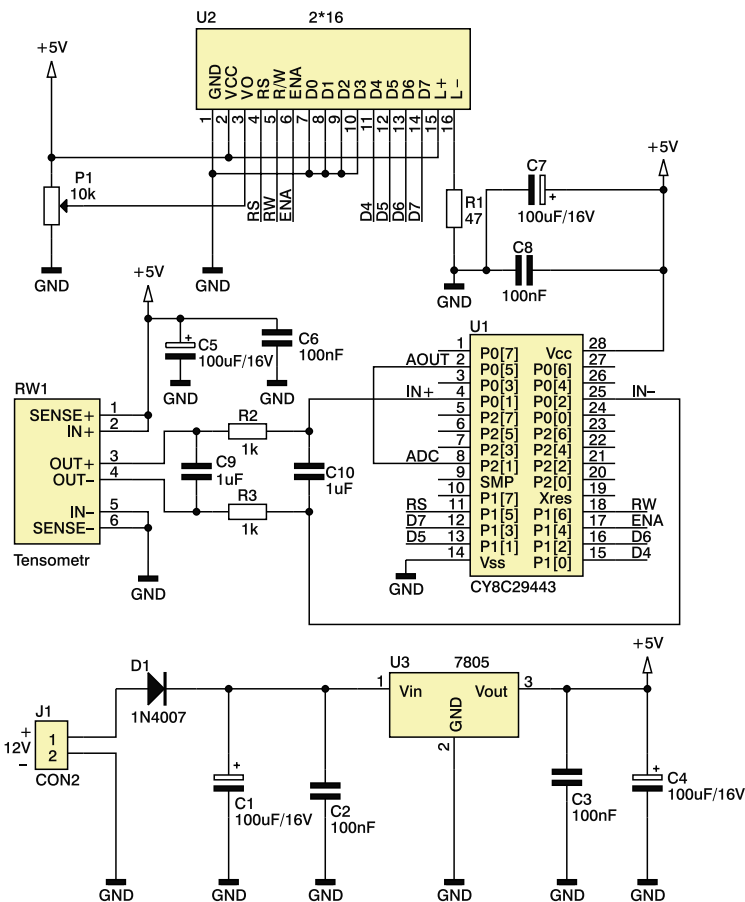
### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Napięcie zasilania: +12 V
- Zakres pomiaru wagi zależny od zastosowanego czujnika tensometrycznego
- Dokładność: 0,1 kg
- Wyświetlanie wyniku w postaci cyfrowej oraz bargrafu
- Funkcja tarowania
- Prosta konstrukcja

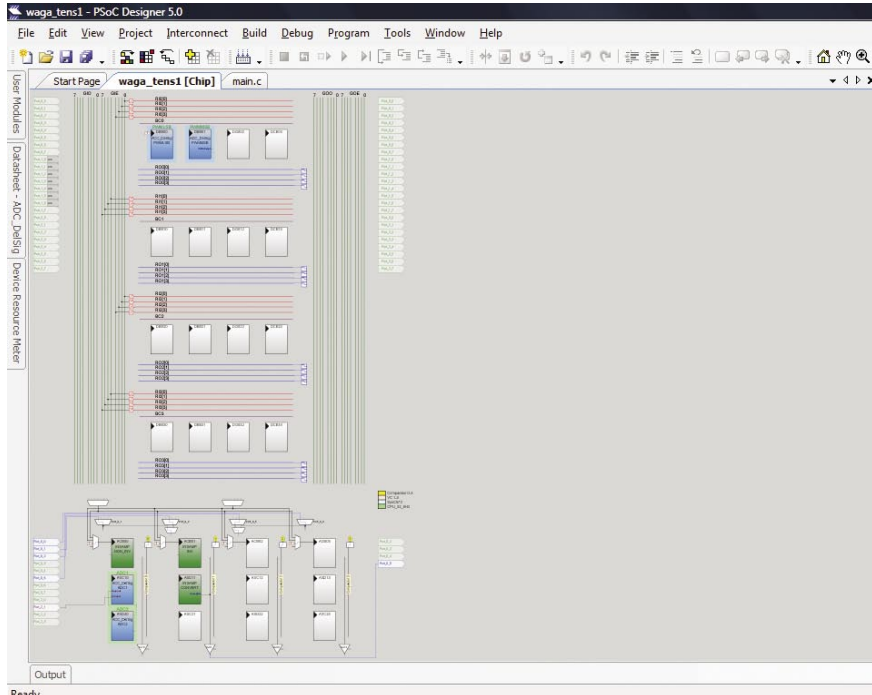
### PROJEKTY POKREWNE

wymienione artykuły są w całości dostępne na CD

Tytuł artykułu	Nr EP/EdW	Kit
Miernik siły nacisku	EP 5/2008	AVT-5132



Rys. 2. Schemat ideowy wagi elektronicznej



Rys. 3. Zasoby mikrokontrolera CY8C29443

Tab. 1. Wyprowadzenia czujnika tensometrycznego

Przewód	Opis
Zielony (EXC+)	Zasilanie czujnika tensometrycznego +
Czarny (EXC-)	Zasilanie czujnika tensometrycznego -
Biały (OUT+)	Sygnal pomiarowy +
Czerwony (OUT-)	Sygnal pomiarowy -
Żółty (SEN+)	Sygnal próbkujący +
Niebieski (SEN-)	Sygnal próbkujący -

**WYKAZ ELEMENTÓW**

**Rezystory**

- R1: 47 Ω
- R2,R3: 1 kΩ
- P1: Potencjometr montażowy leżący 10 kΩ
- RW1: Tensometr

**Kondensatory**

- C1, C4, C5, C7: 100 μF/16 V
- C2, C3, C6, C8: 100 nF MKT
- C9, C10: 1 μF MKT

**Półprzewodniki**

- U1: CY8C29443PXi
- U2: LCD alfanumeryczny 2x16 znaków
- U3: 7805
- D1: 1N4007
- Inne
- J1: Goldpin 1x2

Na rys. 1 pokazano schemat budowy czujnika tensometrycznego HPS zastosowanego w wadze, który umożliwi pomiar ciężaru do 30 kg. Można go zasiląć napięciem od 5 do 12 V, a czułość (przekładnia) mostka jest równa 2 mV/V. Oznacza to, że przy maksymalnym obciążeniu i zasilaniu równym 10 V, napięcie wyjściowe będzie równe 20 mV. Przy obciążeniu 0 kg napięcie wyjściowe również powinno być równe 0 V. Rezystancja wejściowa/wyjściowa czujnika wynosi 410/350 Ω. Ze względu na niewielkie zmiany sygnału wyjściowego czujnika, do ich pomiaru należy zastosować precyzyjne wzmacniacze pomiarowe oraz przetworniki ADC.

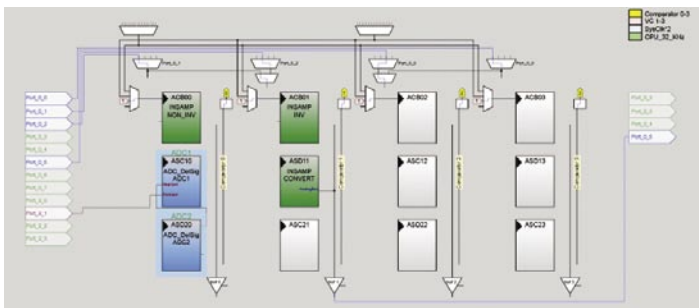
Obliczenia ciężaru na podstawie odczytanej różnicy napięcia można dokonać z wykorzystaniem pokazanego w dalszej części artykułu nieskomplikowanego wzoru. Czujnik posiada sześcioprzewodowy ekranowany kabel. Liczba przewodów wynika z budowy, który pracuje w konfiguracji mostka Wheatstone'a z rozdzielonymi przewodami zasilającymi i pomiarowymi. Poszczególne wyprowadzenia czujnika opisano w tab. 1.

**Opis działania**

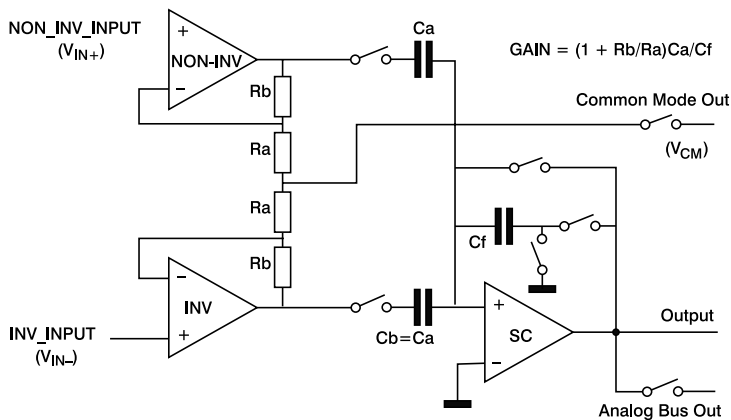
W wadze elektronicznej zastosowano mikrokontroler PSoC typu CY8C29443, który ma w swoich zasobach precyzyjny wzmacniacz oraz przetwornik ADC. Na rys. 2 pokazano schemat ideowy elektronicznej wagi, której budowa dzięki jego zastosowaniu jest bardzo prosta.

Na CD karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych na Wykazie Elementów kolorem czerwonym

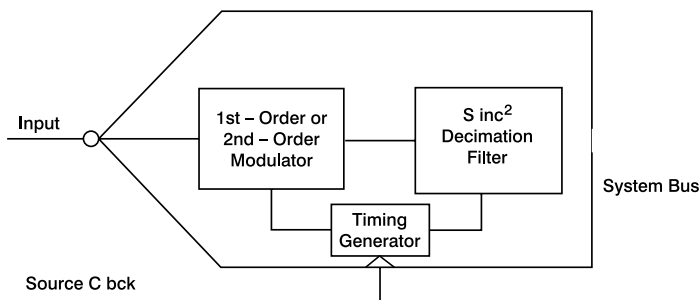




Rys. 4. Szczegółowa konfiguracja bloku analogowego



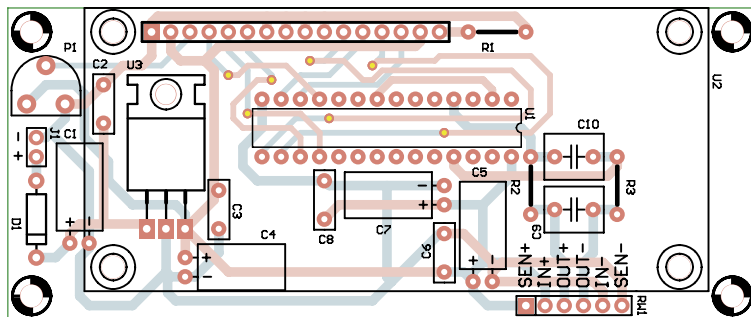
Rys. 5. Budowa wzmacniacza różnicowego



Rys. 6. Schemat blokowy przetwornika A/C Sigma-Delta

Mikrokontroler U1 i wyświetlacz LCD zasilane są napięciem +5 V stabilizowanym przez U3. Czujnik tensometryczny ma zwarte linie IN i SENSE, które zostały zasilone napięciem +5 V. Różnicowe wyjścia OUT- i OUT+ tensometru podłączono do prostego filtra zbudowanego z elementów R2, R3 i C9, C10. Sygnały z wyjścia filtra podawane są na wejścia IN- i IN+ mikrokontrolera, które są wejściami wewnętrznego wzmacniacza różnicowego. Ze względu na wewnętrzne ograniczenia mikrokontrolera (możliwości połączenia wewnętrznych zasobów), wyj-

ście wzmacniacza różnicowego podłączono do wyprowadzenia AOUT mikrokontrolera, które zewnętrznie dołączono do linii ADC. Linia ADC jest skonfigurowana jako wejście przetwornika A/C. Do pozostałych linii mikrokontrolera zostały dołączone linie wyświetlacza LCD. Potencjometr P1 służy do regulacji kontrastu LCD a rezystor R1 ogranicza prąd podświetlenia wyświetlacza. Dioda D1 zabezpiecza przed odwrotnym podłączeniem napięcia zasilania a pozostałe kondensatory są odpowiedzialne za prawidłową filtrację napięć zasilających.



Rys. 7. Schemat montażowy wagi elektronicznej

Na rys. 3 pokazano konfigurację zasobów mikrokontrolera PSoc dla wagi. Szczegółową konfigurację bloków analogowych mikrokontrolera, w skład których wchodzi wzmacniacz różnicowy INSAMP oraz przetwornik analogowo cyfrowy ADC\_DelSig, pokazano na rys. 4.

Na rys. 5 pokazano budowę wzmacniacza różnicowego, który składa się z trzech wzmacniaczy operacyjnych. Wzmocnienie zostało na 72, co jest wystarczające dla zastosowanego czujnika tensometrycznego.

Na rys. 6 pokazano budowę przetwornika ADC Sigma-Delta. W konfiguracji ustalono rozdzielczość ADC równą 14 bitów, natomiast napięcie odniesienia 5 V. Dodatkowo wykorzystano multiplexer, który używany jest do zwierania wejść pomiarowych w celu zerowania wzmacniacza operacyjnego i przetwornika ADC.

Mikrokontroler ze względu na obliczenia związane z wagą taktowany jest zegarem o częstotliwości 24 MHz. Napięcie z tensometru zmienia się w sposób liniowy w zależności przyłożonego ciężaru. Użyty do konstrukcji wagi czujnik tensometryczny umożliwia pomiar ciężaru do 30 kg. Przy maksymalnym obciążeniu i napięciu zasilania czujnika równym 5 V, napięcie na wyjściu przetwornika jest równe 10 mV. Przy małym ciężarze mierzony sygnał będzie posiadał wartość praktycznie mierzoną w  $\mu\text{V}$ .

Wyznaczając napięcie wyjściowe lub ciężar można posłużyć się porcją:

$$\text{Czułość [mV/V]} = U_{\text{ZAS}} [V] / \text{Ciężar maks. [kg]} = U_{\text{WY}} [mV] / \text{Ciężar [kg]}$$

Po przekształceniu, mając dane napięcie, zmierzony ciężar można wyznaczyć z następującego wzoru:

$$\text{Ciężar [kg]} = (U_{\text{WY}} [mV] \times \text{Ciężar maks. [kg]} / (\text{Czułość [mV/V]} \times U_{\text{ZAS}} [V]))$$

Na przykład: dla zmierzonego napięcia 1 mV, tensometru o czułości 2 mV/V, zasilanego z napięcia 5 V i maksymalnym mierzonym ciężarem 20 kg, wynik obliczeń będzie następujący:

$$\text{Ciężar} = (1 \times 20) / (2 \times 5) = 2 \text{ kg}$$

Po uruchomieniu w pierwszej kolejności wykonywana jest kalibracja. W tym celu wewnątrz mikrokontrolera zostają zwarte linie wejściowe wzmacniacza IN- i IN+ a następnie program odczytuje wartość mierzoną przez przetwornik A/C. Wartość ta stanowić będzie offset, który będzie odejmowany od zmierzonej wartości napięcia odpowiadającego ważonemu ciężarowi. Do zwarcia wejść wzmacniacza operacyjnego wykorzystano multiplexer.

W następnej kolejności wejścia wzmacniacza są rozwierane i zmierzony zostaje ciężar, który będzie odejmowany od zmierzonego. Jest to najczęściej ciężar przykręconej do czujnika konstrukcji mechanicznej (np. szalki) lub opakowania ważonego przedmiotu. Ten pomiar jest związany z funkcją tarowania wagi.

Po wykonaniu wyżej opisanych pomiarów, kalibracja jest zakończona i waga zaczyna normalnie pracować. Mierzona waga jest średnią arytmetyczną 20 pomiarów w celu redukcji ewentualnych zakłóceń. Program obsługujący wagę jest



bardzo prosty a wynik dodatkowo prezentowany jest z wykorzystaniem paska bargrafu.

Jeśli do budowy wagi zostanie wykorzystany inny czujnik, niż opisano to w artykule lub zostanie zmienione napięcie zasilania, to może być konieczna modyfikacja formuły wyliczającej ciężar.

### Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy wagi elektronicznej pokazano na rys. 7. Montaż nie nastęrcza jakiś szczególnych trudności. Należy go rozpocząć od elementów biernych a zakończyć na półprzewodnikach. Po zmontowaniu i zaprogramowaniu mikrokontrolera waga od razu powinna pracować poprawnie. Do zasilania jej można wykorzystać zasilacz stabilizowany o napięciu wyjściowym 12 V.

Potencjometrem P1 należy wyregulować kontrast wyświetlacza. Po włączeniu wagi następuje kilkusekundowa kalibracja o czym informuje komunikat na wyświetlaczu LCD. Właśnie podczas tej procedury realizowana jest funkcja tarowania wagi. Dlatego też, gdyby waga pojemnika na ważony produkt miała być ignorowana, należy położyć pusty pojemnik na wadze i włączyć zasilanie. Po kalibracji waga będzie wskazywała ciężar 0 kg.

Jak wspomniano wcześniej program należy zmodyfikować w zależności od zastosowanego czujnika tensometrycznego. Dodatkowo można wyposażyć wagę np. w funkcję rejestracji war-



Rys. 8. Tacka z ważonym odważnikiem

tości maksymalnej i minimalnej, czy sterowania wolnymi wyjściami mikrokontrolera w zależności od zadanego ciężaru.

Na rys. 8 pokazano przykład tacki przymocowanej do czujnika tensometrycznego wraz z ważonym przedmiotem. Projekt elektronicznej wagi pokazuje że nawet w warunkach amator-

skich z wykorzystaniem uniwersalnego mikrokontrolera PSoC można w prosty sposób zbudować urządzenie, które nie posiada w wielu przypadkach zewnętrznych elementów analogowych (wzmacniacze, przetworniki).

**Marcin Wiązania, EP**  
marcin.wiazania@ep.com.pl

R E K L A M A

# KONKURS WIĘCEJ ŚWIATŁA

Diody superluminescencyjne mają tak intensywne światło i są tak tanie (w ofercie [www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)), że każdemu elektronikowi serce się rwie żeby coś fajnego z nimi zrobić, np. światła dyskotekowe, podświetlenia, dekoracje, reklamy świetlne, światła ostrzegawcze itd. I Ty powinieneś coś zrobić. Włącz się. Weź udział w nieustającym konkursie WIĘCEJ ŚWIATŁA. Zrób zdjęcia uzyskanych efektów świetlnych i zamieść je na specjalnej stronie konkursowej ([wiecejswiatla.ep.com.pl](http://wiecejswiatla.ep.com.pl)). Opisy i schematy układów prześlij pod adresem redakcji [redakcja@ep.com.pl](mailto:redakcja@ep.com.pl).

**NAGRODY:** za materiał zdjęciowy umieszczony na [wiecejswiatla.ep.com.pl](http://wiecejswiatla.ep.com.pl) dostaniesz darmową prenumeratę 2 numerów EP (prenumeratom przedłużamy ich prenumeratę o 2 gratisowe numery). Opisy i schematy układów mają szansę publikacji na łamach EP – honorarium 250 zł/stronę.