

Elektroniczny miernik przyspieszenia

Po raz pierwszy na łamach EP przedstawiamy projekt opracowany w laboratoriach Elektora. Jest to prosty przyrząd do pomiaru przyspieszenia, którego „sercem” jest czujnik ADXL05, produkowany przez firmę Analog Devices.

Być może pamiętasz drogi Czytelniku z lekcji fizyki, że przyspieszenie mierzone jest w metrach na sekundę kwadrat. Przyspieszenie spowodowane przez ziemską siłę grawitacji najczęściej oznaczane jest symbolem g , a jego wartość, przyjęta do stosowania na całym świecie, wynosi $9,80665\text{m/s}^2$. Wszelkie siły, które wywołują przyspieszenia większe od $1g$, powodują rozległe sensacje w ludzkich organizmach - dużo na ten temat mogą powiedzieć piloci samolotów odrzutowych i kosmonauci. Żeby tego doświadczyć, wystarczy pojeździć szybką windą w wieżowcu.

Ale wracajmy do elektroniki. Dla tych spośród naszych Czytelników, którzy nie czytali nic na temat czujnika ADXL05 i nie znają go, zamieszczamy zwięzły opis podstawowych bloków tego głównego elementu składowego naszego projektu. Tym składnikiem jest ADXL05.

Jak widać na rys. 1, czujnik przyspieszenia jest zamknięty w metalowej obudowie o 10 wyprowadzeniach. Składa się on z elementu wrażliwego na przys-

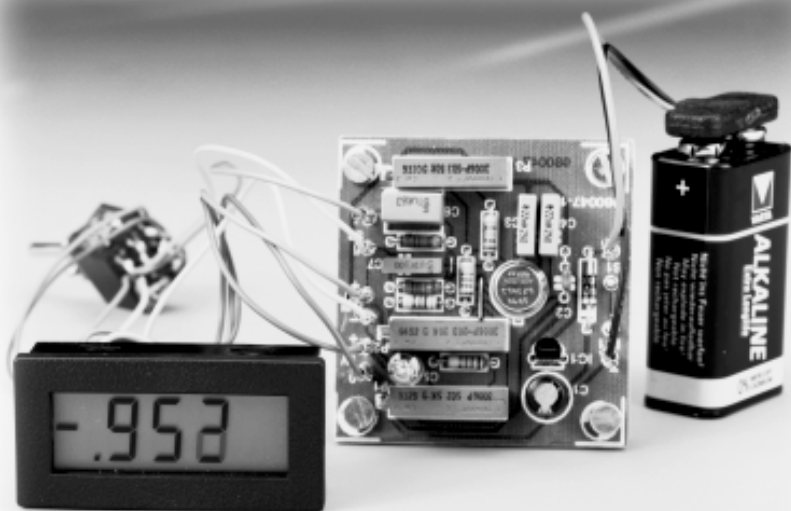
pieszenie (sensora), oscylatora, demodulatora, źródła napięcia odniesienia i wzmacniacza buforowego. Przyrząd ten mierzy przyspieszenia od $\pm 5g$ do $\pm 1g$ i mniejszych. Typowy poziom szumów własnych wynosi $500\text{ }\mu\text{g/Hz}$, dzięki czemu możliwe są pomiary przyspieszeń mniejszych od $5mg$. ADXL05 potrafi mierzyć przyspieszenie stałe, jak choćby spowodowane grawitacją, lecz także przyspieszenia zmienne, na przykład wibracje.

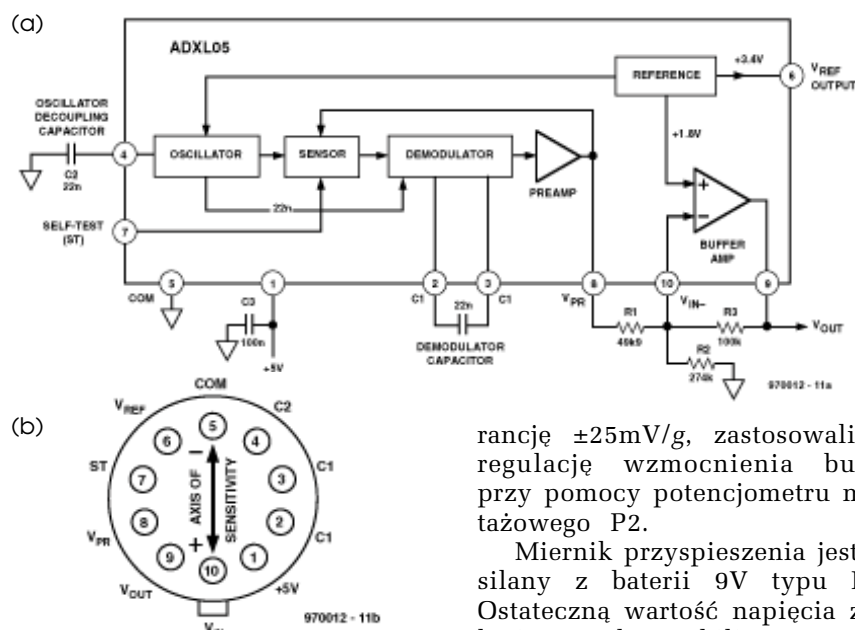
Ponieważ przyspieszenie jest wielkością wektorową, to przyrząd ma trzy osie: oś czułości (X) określoną zgodnie z rys. 1; oś poprzeczną (Y), która jest prostopadła do X i leży w płaszczyźnie podstawy obudowy; oraz oś poprzeczną (Z), która jest prostopadła zarówno do X, jak i do Y. Czułość w kierunkach poprzecznych jest praktycznie zerowa.

Opis urządzenia

Jak widać na schemacie elektrycznym (rys. 2), miernik przyspieszenia jest zasilany z baterii, a wyświetlacz LCD służy do cyfrowego wyświetlenia wyników pomiarów.

Jeżeli przyspieszenie ma wartość $0g$, na wyjściu czujnika istnieje nominalne napięcie $1,8V$. Na temat tej wartości musimy powiedzieć dwie uwagi. Po pierwsze, jest ustalona z tolerancją $\pm 0,3V$. Po drugie, umożliwia pomiar przyspieszeń i dodatnich, i ujemnych. Dla zapewnienia, wskazań $0g$ przy sygnale wyjściowym z czujnika równym $1,8V$, musimy podnieść potencjał wejścia odwracającego w stosunku do masy. Inaczej mówiąc, musimy dodać napięcie o stałej wartości $1,8V$. Uczynimy to przy pomocy napięcia odniesienia $3,4V$ (które jest wytwarzane przez ADXL05) oraz elementów: R1, R2 i potencjometru montażowego P1. Potencjometr montażowy P3 i rezystor R6 umożliwiają korekcję napięcia





Rys. 1. Schemat blokowy (a) oraz kierunki czułości (b) sensora ADXL05.

w dowolną stronę od nominalnego poziomu, generowanego przez układ scalony.

Moduł woltomierza (DVM) 3,5 cyfry, który umożliwia odczyt wartości $\pm 200\text{mV}$ (a dokładniej: $\pm 199,9\text{mV}$), pozwala na zbudowanie przyrządu zwartego i w najnowszej technice, lecz jednocześnie powoduje kilka sprzecznych wymagań. Jeżeli chcemy całkowicie wykorzystać czułość i dokładność miernika, musimy go dopasować do typowej czułości sensora, która ma wartość około 200mV/g . Nie jest to trudne zadanie: wystarczy zaprojektować bufor ze wzmacnieniem 0,5 i w ten sposób stworzyć zakres pomiarowy $\pm 2\text{g}$, korespondujący z zakresem miernika ($\pm 200\text{mV}$).

Z drugiej strony, nie możemy wówczas skorzystać z pełnych możliwości sensora, mającego zakres 5g. Jeżeli wybierzemy wzmacnienie $1/20\times$ ($0,05\times$), to maksymalne przyspieszenie spowoduje wskazanie zaledwie 50mV . Przyznajmy, że, ze względu na parametry czujnika (dokładność), odczyt taki nie będzie wiele wart. Przyjmujemy zatem rozwiązanie kompromisowe między dokładnością wyświetlacza, a dokładnością czujnika: dwa zakresy wybierane przełącznikiem: $\pm 2\text{g}$ oraz $\pm 5\text{g}$. Ponieważ czułość sensora również wykazuje tole-

rancję $\pm 25\text{mV/g}$, zastosowaliśmy regulację wzmacnienia bufora przy pomocy potencjometru montażowego P2.

Miernik przyspieszenia jest zasilany z baterii 9V typu PP3. Ostateczną wartość napięcia zasilania ustala stabilizator 78L05 (IC1). Pobór prądu wynosi około 15mA, z których moduł DVM pobiera niecałe 2mA. W krytycznych punktach układu umieściliśmy kondensatory odprężające.

Montaż

Dla miernika przyspieszenia zaprojektowaliśmy kwadratową płytkę, której widok znajduje się na wkładce wewnątrz numeru, a rozmieszczenie elementów przedstawiono na rys. 3. Na temat montażu elementów mamy tylko jedną, lecz za to bardzo istotną uwagę: czujnik powinien być przylutowany bezpośrednio na płytce, bez pośrednictwa podstawki. Jest to podstawowy warunek dla zapewnienia dokładności pomiaru, a wynika on stąd, że czujnik musi zachować położenie dokładnie równoległe do płytki.

Elementy zewnętrzne (wyłącznik zasilania, bateria, przełącznik zakresów, moduł DVM) połączone są z płytką przy pomocy przewodów zgodnie z rys. 4. Radzimy nie montować woltomierza zbyt szybko, gdyż najpierw należy wyregulować układ miernika przyspieszeń.

Regulacja

1. Dołączyć cyfrowy multimetr do zacisków masy miernika (0 DVM) oraz + DVM; potencjometrem P1 ustawić wskazanie na 1,80V. Z kolei dołączyć multimetr do zacisków masy miernika (0 DVM) oraz -DVM.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 22k Ω
R3: 3,16k Ω 1% (Philips seria MRS25)
R4: 28,7k Ω 1% (Philips seria MRS25)
R5: 47k Ω
R6: 270k Ω
P1: 5k Ω potencjometr 10-obrotowy poziomy
P2: 20k Ω potencjometr 10-obrotowy poziomy
P3: 50k Ω potencjometr 10-obrotowy poziomy

Kondensatory

C1: 100 $\mu\text{F}/16\text{V}$ promieniowy
C2: 100nF Sibatit (Siemens)
C3, C4: 22nF MKT (Siemens)
C5: 4,7 $\mu\text{F}/10\text{V}$
C6: 1 μF MKT (Siemens)
C7: 100nF MKT (Siemens)

Półprzewodniki

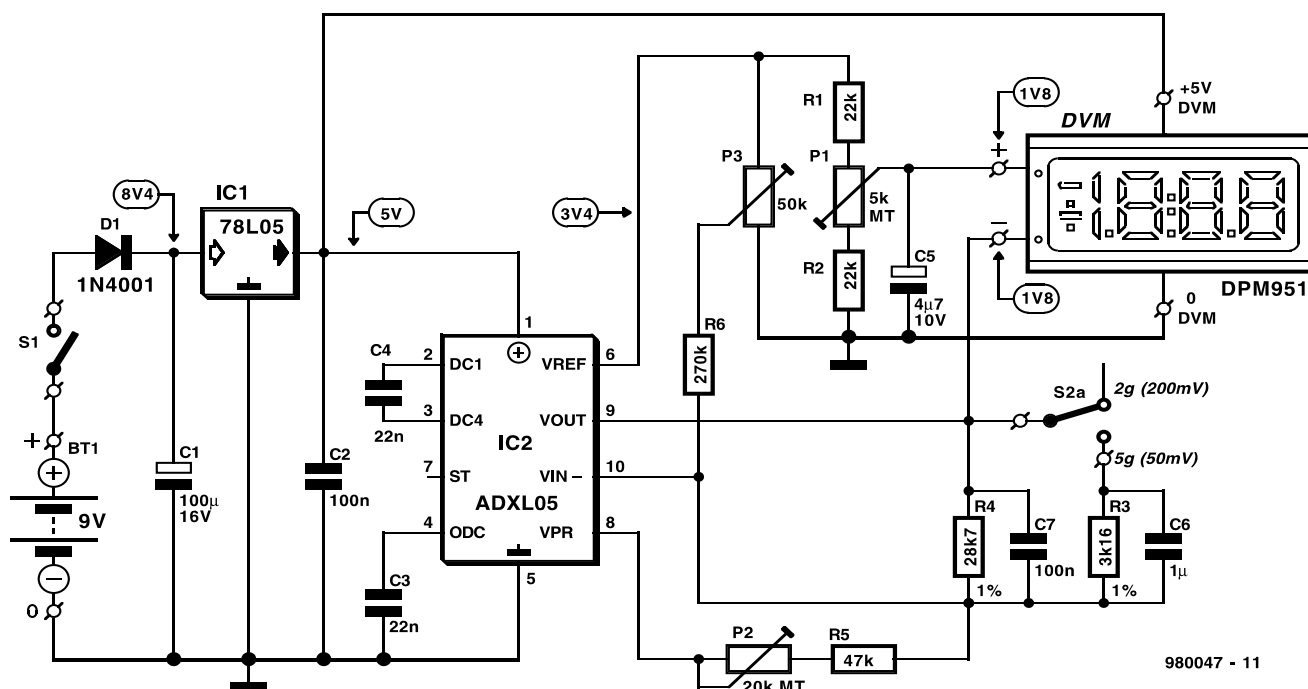
D1: 1N4001
IC1: 78L05
IC2: ADXL05JH (Analog Devices)

Różne

BT1: bateria 9V typu PP3 (6F22)
S1: przełącznik dźwigniowy pojedynczy
S2: przełącznik dźwigniowy pojedynczy (albo potrójny dla przesuwania punktu dziesiętnego na wyświetlaczu modułu DVM)
DVM: moduł woltomierza np. DPM951 (Conrad)

Sprawdzić, czy płytkę ustawioną jest w poziomie (0g) i potencjometrem P3 ustawić wskazanie na 1,80V. Teraz już można dołączyć do miernika moduł DVM.

- Kilkakrotnie przełączyć zakres pomiarowy miernika. Wyświetlana wartość nie powinna się zmieniać. Jeżeli jednak zmienia się, dokonać regulacji potencjometrem P3, a następnie przy pomocy potencjometru P1 ustawić odczyt 0g. Powtarzać te czynności aż do osiągnięcia rozsądnego optimum.
- Przełączyć miernik na zakres $\pm 2\text{g}$ i ustawić płytkę pionowo (nóżka 10 układu IC2 na górze). Potencjometrem P2 ustawić odczyt 1.000 (1g). Teraz przekrócić płytkę tak, żeby nóżka 10 znalazła się w dole. DVM powinien wskazać -1.000. Jeżeli nie, potencjometr P2 obrócić do takiego położenia, żeby odchył-



Rys. 2. Schemat ideowy miernika przyspieszeń. Małą liczbę elementów zawdzięczamy użyciu monolitycznego czujnika oraz modułu DVM (cyfrowego woltomierza).

ka dla przyspieszenia +1g była taka sama, jak dla -1g. Odchyłka ta jest spowodowana przez wspomnianą wcześniej (prawie zerową) poprzeczną składową czułości sensora ADXL05.

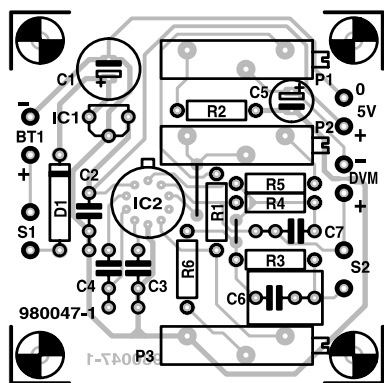
Na tym kończy się proces regulacji miernika przyspieszenia. Po dokonaniu „zapudełkowania” miernika, czyli wstawienia go i zamocowania wewnątrz obudowy, Czytelnik powinien przygotować się do pomiaru przyspieszeń w realnym świecie. Oto dwie propozycje: szybka winda w jakimś wieżowcu albo jedno z tych urządzeń w wesołym miasteczku, których zadaniem jest wywrócenie żołądka na drugą stronę.

Na koniec kilka słów w sprawie modułu DVM, zastosowanego w naszym projekcie. Moduł ten wyposażony jest w opcję „pływających” pomiarów, która umożliwia zasilanie przez pojedynczą baterię. Płytkę miernika przyspieszeń zawiera punkt lutowniczy dla zasilania modułu napięciem 5V. Zwracamy uwagę, że ujemne połączenie z modułem przedstawia niską rezystancję, a z tego względu nie może być połączone z ujemnym zaciskiem na płycie miernika. Jest więc, zamiast tego, połączone z (buforowanym) dodatnim zaciskiem. Jedyna różnica, jaką powoduje to połączenie, to odwrócenie kierunku czułości sensora o 180 stopni.

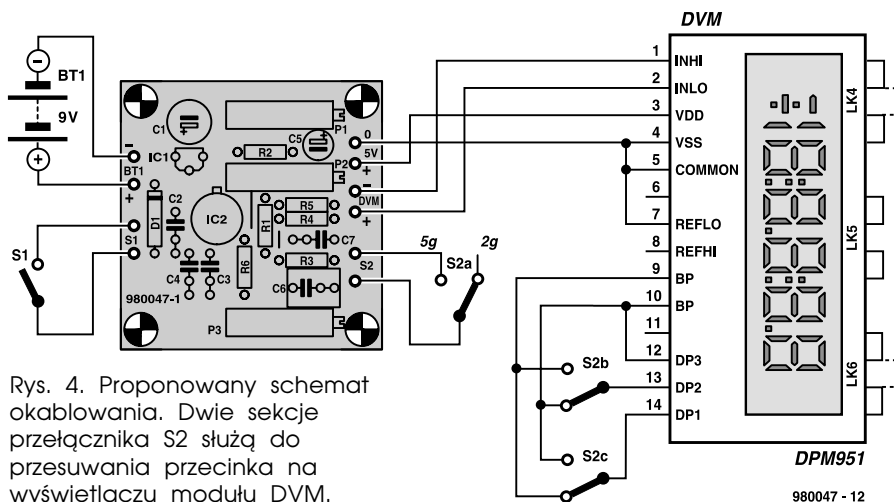
Jeżeli zastosujemy potrójny (trójsekccyjny) przełącznik S2, możliwe będzie przełączanie punktu dziesiętnego (przecinka) na wyświetlaczu odpowiednio do wybranego zakresu.

J. Wilkes, EE

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Elektor Electronics".



Rys. 3. Rysunek ścieżek i rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej.



Rys. 4. Proponowany schemat okablowania. Dwie sekcje przełącznika S2 służą do przesuwania przecinka na wyświetlaczu modułu DVM.