

# Joystick komputerowy dla osób niepełnosprawnych, część 1

## AVT-5007

Kontynuując podjęty w zeszłym roku temat urządzeń służących osobom niepełnosprawnym, proponuję budowę joysticka do komputera PC. Wprawdzie projekt powstał z myślą o osobach pokrzywdzonych przez los, ale i dla osób sprawnych fizycznie układ może być interesujący, bo obsługiwany jest przez dmuchanie, a nie przez naciskanie przycisków.



PROJEKT  
Z OKŁADKI

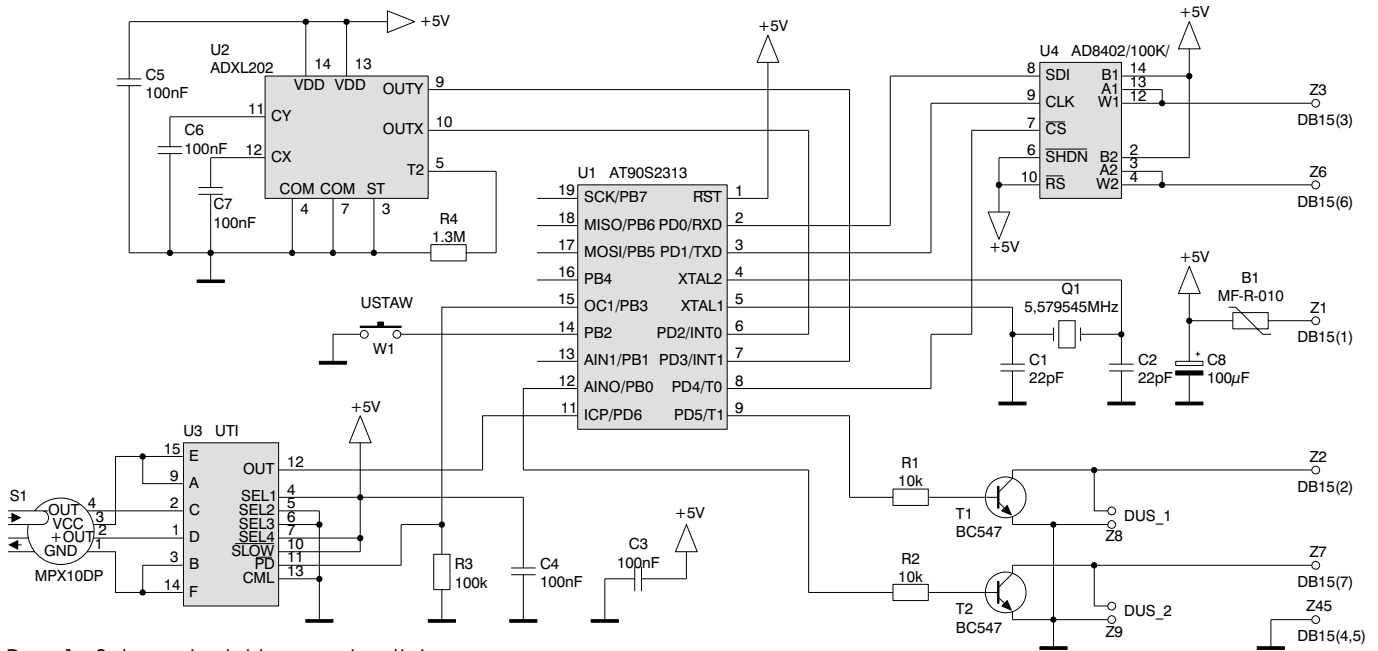
Joystick jest widziany przez komputer jako standardowy, dwuosiowy joystick z dwoma przyciskami. Dzięki temu poprawnie współpracuje z każdym komputerem PC wyposażonym w *game port* i może być wykorzystywany w większości gier na komputery PC. Cała „elektronika” joysticka mieści się w obudowie wielkości paczki papierosów. Do poprawnej pracy wystarczą niewielkie przechyły urządzenia umieszczonego na głowie lub w ręce osoby obsługującej. Przechylenie głowy (lub ręki) do przodu lub do tyłu oraz w lewo i w prawo powoduje taką samą reakcję, jak wychylenie w tych kierunkach drążka w standardowym joysticku.

Przyjąłem założenie, że joystick powinien umożliwiać zabawę osobie całkowicie sparaliżowanej, która może poruszać jedynie głową. Dlatego joystick jest zaopatrzone w czujnik pneumatyczny z ustnikiem. Dmuchięcie w rurkę jest „widziane” przez komputer

W porównaniu z „Myszką komputerową dla osób niepełnosprawnych” przedstawioną w EP4/2000, joystick jest bardziej rozbudowany. Oprócz nowoczesnego dwuosiowego akcelerometru i czujnika ciśnienia z precyzyjnym przetwornikiem analogowo-cyfrowym zawiera dwa potencjometry cyfrowe. Wszystkim steruje szybki procesor o architekturze RISC. Przesada? Może i tak, ale wystarczy zobaczyć rozradowanie gracza, który pierwszy raz od wielu lat nie musi tylko patrzeć jak grają inni. Może zagrać samodzielnie!

**Tab.1. Podstawowe właściwości joysticka:**

- ✓ dwuosiowy, sterowany przechyleniem,
- ✓ wyposażony w przełącznik pneumatyczny zastępujący:
  - ✗ dmuchięcie - pierwszy przycisk,
  - ✗ zassanie - drugi przycisk,
- ✓ dwa dodatkowe wejścia dla standardowych włączników,
- ✓ zasilanie z *game portu* komputera,
- ✓ pobór prądu: około 10mA.



Rys. 1. Schemat elektryczny joysticka.

jak naciśnięcie pierwszego klawisza. Zassanie powietrza odpowiada naciśnięciu drugiego klawisza.

Niezależnie od tego, do joysticka można podłączyć dwa dodatkowe wyłączniki. Joystick z takimi przyciskami może z powodzeniem służyć osobie sprawniejszej fizycznie. Modelowy egzemplarz wyposażyłem w uchwyt z wyłącznikami i to wystarczyło, aby joystick uzyskał pochlebna opinię wytrawnego gracza, jakim jest niewątpliwie mój siedmioletni syn Michał. Na stykach game portu jest dostępne napięcie +5V, zatem naturalne było wykorzystanie go do zasilania joysticka.

### Opis układu

Schemat elektryczny joysticka przedstawiono na rys. 1. Można na nim wyróżnić cztery bloki:

- czujnik przechyłu (U2),
- czujnik ciśnienia (S1) z przetwornikiem (U3),
- procesor sterujący (U1),
- interfejs wyjściowy (U4, T1, T2).

Czujnik przechyłu zrealizowałem na układzie ADXL202 firmy Analog Devices. W ceramicznej 14-nóżkowej obudowie do montażu powierzchniowego znajdują się dwa ustawione prostopadle czujniki przyspieszenia (akcelerometry). Do pracy układu potrzebne jest niewiele elementów zewnętrznych, a dzięki wyjściom PWM doskonale nadaje się on do współ-

pracy z mikrokontrolerem. Ponadto, przy standardowym zasilaniu (4,75...5,25V) pobiera niewiele prądu (<1mA).

Akcelerometry zawarte w układzie ADXL202 mogą mierzyć przyspieszenia w zakresie ±2g. Czułość przetwarzania jest stała i wynosi 12,5%/g z tolerancją ±2,5%. Oznacza to, że współczynnik wypełnienia prostokątnego przebiegu wyjściowego zmienia się o około 12,5% przy zmianie przyspieszenia o 9,81m/s<sup>2</sup>.

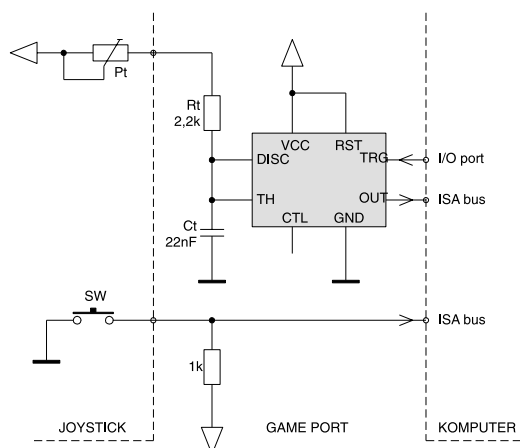
Przy idealnie poziomym ustawieniu akcelerometru, przyspieszenie ziemskie mierzone przez niego wynosi zero. Wówczas wypełnienie przebiegu na wyjściu akcelerometru może wynosić 25..75%. Tak duży rozrzut wartości spoczynkowej powoduje konieczność przeprowadzenia wstępnej kalibracji. Dzięki procesorowi jest to czynność bardzo prosta. Wystarczy nacisnąć włącznik W1-USTAW. Wejście PB2(14-U1) jest wówczas zwierane do masy, co program w mikrokontrolerze odczytuje jako żądanie przeprowadzenia pomiarów wzorcowych. Kiedy i w jakim celu należy nacisnąć ten przycisk, dowiemy się dokładniej w części poświęconej uruchamianiu joysticka.

Przy odchyleniu akcelerometru od poziomu o określony kąt wartość sygnału odpowiadającego przyspieszeniu rośnie zgod-

nie z wartością sinusa kąta odchylenia. Dla 90 stopni sinus osiąga wartość jeden i w tym przypadku mierzone przyspieszenie wyniesie ±1g. Zakładając, że czujnik może odchylić się od poziomu maksymalnie o 30° w jedną lub drugą stronę, zmiana mierzonego przyspieszenia wyniesie od -0,5g do +0,5g.

Rezystor R4 ustala okres sygnału wyjściowego w obu kanałach. Przy wartości 1,3MΩ okres sygnału wyjściowego wynosi około 10,4ms. Wyjścia akcelerometrów (9, 10-U2) są dołączone bezpośrednio do wejść procesora INT0 (6-U1) i INT1 (7-U1).

Poza rezystorem ustalającym R4, układ ADXL202 potrzebuje do poprawnej pracy tylko dwóch elementów - kondensatorów filtrujących C6 i C7. Kondensatory te określają czas odpowiedzi czujników przyspieszenia. Kondensator C6 filtruje sygnał akcelerometru w jednej osi, podczas gdy C7 robi to samo w drugiej osi. Pojemność tych kondensatorów wynosi 100nF. Przy takiej wartości pojemności szumy na wyjściu akcelerometrów są znaczne i mogą wynosić kilkanaście tysięcznych g (g - przyspieszenie ziemskie), ale za to sygnał na wyjściu ustali się najpóźniej po 20ms. Jak z tego wynika, w projekcie joysticka największy nacisk położono na szybkość działania, a dokładność jest na drugim miejscu.



Rys. 2. Schemat jednego kanału game portu.

Kolejny blok to czujnik ciśnienia S1 z przetwornikiem analogowo-cyfrowym U3. Ze względu na trudności ze zdobyciem przełączników ciśnieniowych o czułości rzędu 15mmHg (2kPa), reagujących na pod- i nadciśnienie, zastosowałem sprawdzone w myszce rozwiązanie z czujnikiem ciśnienia MPX10DP firmy Motorola i przetwornikiem analogowo-cyfrowym typu UTI firmy Smartec.

Konstrukcja sensora opiera się na klasycznym mostku rezystancyjnym o stopniu nieznacznie różnym od przyłożonego ciśnienia. Czujnik jest wyposażony w dwa króćce doprowadzające powietrze do komór z dwóch stron membrany czujnikowej. Pod wpływem występującego ciśnienia membrana się odkształca, co powoduje zmiany rezystancji ścieżek napylonych na jej powierzchni.

Czujnik S1 jest zasilany z układu UTI(U3) przebiegiem prostokątnym dostępnym na wyjściach E-F. Rzeczywista wartość napięcia zasilającego mostek jest mierzona na wejściach A-B. Napięcie niezrównoważenia występuje na wejściach C-D.

Wyjście przetwornika jest podłączone do pinu PD6(11-U1). Układ UTI pracuje w trybie pomiaru mostka rezystancyjnego o niezrównoważeniu mniejszym niż  $\pm 4\%$ . Czas pomiaru wynosi około 12ms. W takim przypadku na wyjściu pojawia się trójfazowy przebieg, w którym czas pierwszej fazy  $T_{off}$  umożliwia pomiar offsetu toru pomiarowego, czas drugiej fazy  $T_{ab}$  określa wartość napięcia zasilającego mostek pomiarowy, a czas trzeciej fazy  $T_{cd}$  odpowiada

napięciu wyjściowemu mostka. Znając te trzy czasy, można precyzyjnie obliczyć stopień niezrównoważenia mostka.

W stanie spoczynkowym wyjścia PB0 (12-U1) i PD5 (9-U1) są na poziomie niskim, co powoduje, że tranzystory T1 i T2 są zatkane. Procesor, ustawiając poziom wysoki na wyjściu PD5, wymusza przewodzenie tranzystora T1 i zwarcie do masy wyjścia Z2. Stan taki jest odczytywany przez komputer jako naciśnięcie pierwszego przycisku joysticka. Analogicznie, wysłanie jedynki na wyjście PB0 powoduje przewodzenie tranzystora T2 i zwarcie z masą wyjścia Z7 związanego z drugim przyciskiem.

Wyjście Z2 może być zwierane z masą - niezależnie od procesora - wyłącznikiem podłączonym do złącza DUS\_1. Symulowanie drugiego przycisku jest możliwe po podłączeniu wyłącznika do złącza DUS\_2.

Gdy nie jest mierzone ciśnienie, procesor ustawia na wyjściu PB3 (15-U1) poziom niski napięcia. Taki stan na wejściu /PD (11-U3) powoduje uśpienie przetwornika i wyłączenie zasilania sensora. Dzięki temu znacznie zmniejsza się prąd pobierany przez cały układ. Rezystor R3 wymusza niski poziom na tej linii natychmiast po pojawieniu się napięcia zasilającego.

Teraz przyjrzyjmy się dokładniej układowi wyjściowemu. W zrozumieniu działania pomoże nam znajomość budowy game portu w komputerach PC. Schemat jednego z czterech kanałów portu pokazano na rys. 2. Podstawowym elementem jest timer 555. W praktyce stosuje się układ 558 zawierający cztery timery w jednej obudowie.

Rzeczywiste wartości elementów mogą nieco odbiegać od pokazanych na schemacie. Prawda, że zastosowane rozwiązanie poraża swoją prostotą? Prześledźmy pokrótce działanie tego układu. Procesor komputera, chcąc odczytać położenie joysticka, wysyła impuls zerujący. Impuls ten powoduje rozładowanie kondensatora Ct, po czym zaczyna się on

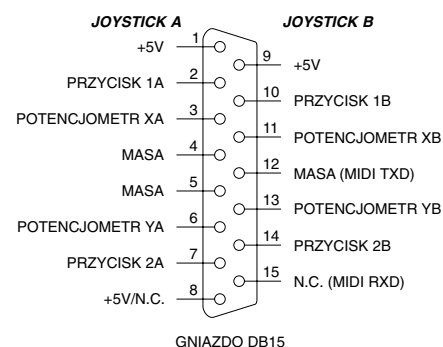
ładować przez połączone szeregowo elementy Rt i Pt. Czas trwania impulsu wyjściowego może być obliczony ze wzoru:

$$T = 1,1 \cdot (Pt + Rt) \cdot Ct$$

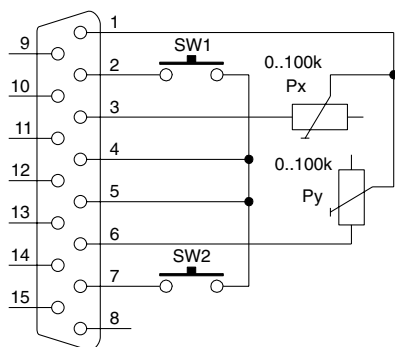
Rezystor Rt ogranicza prąd tranzystora rozładowującego w przypadku, gdy Pt jest zwarty. Jedyną zmienną wartość ma rezystancja potencjometru Pt, która może przybierać wartości od bliskich zeru przy wychyleniu dźwigni w lewo (lub w przód), do 100..150kΩ, gdy dźwignia jest wychylona w prawo (lub wstecz). Mierząc czas impulsu na wyjściu timera 555 można określić w przybliżeniu rezystancję potencjometru, a co za tym idzie położenie dźwigni. Zwykle dźwignia można odchylić o około 30..45° od pionu w każdą stronę, co powoduje obrót osi stowarzyszonego potencjometru o 60..90°. Aby uzyskać wymagany zakres zmian rezystancji, stosuje się potencjometry o charakterystyce liniowej i wartości 470kΩ przy całkowitym kącie obrotu 270..300°.

Na rys. 3 przedstawiono schemat kompletnego złącza game portu. Warto zwrócić uwagę na niejednoznaczność w opisie wyprowadzenia nr 8. Niektóre źródła wskazują na ten pin jako niepodłączony (N.C.), inne przypisują mu napięcie zasilania (+5V). Sytuacja jest podobna dla wyprowadzeń numer 12 i 15, jeśli port umieszczony na karcie I/O (pin 12) jest połączony z masą, a 15 pozostaje wolny. W portach gier na kartach muzycznych styki te są wykorzystywane do komunikacji z urządzeniami MIDI. Na wyprowadzeniu 12 jest sygnał wyjściowy MIDI TXD, a na 15 MIDI RXD.

Przykładowy schemat dwuosobowego joysticka z dwoma przycis-



Rys. 3. Złącze game portu.



WTYK DB15

Rys. 4. Schemat elektryczny standardowego joysticka.

kami pokazano na rys. 4. Ze względu na tolerancję elementów  $R_t$  i  $C_t$  oraz różne zakresy zmienności  $P_t$ , nie można jednoznacznie stwierdzić, jaki czas impulsu odpowiada określonemu położeniu dźwazki. Dlatego po podłączeniu nowego joysticka do komputera konieczne jest przeprowadzenie kalibracji. Jak dokonać takiej kalibracji w systemie Windows 95/98, opiszemy w części poświęconej uruchamianiu joysticka.

Teraz wróćmy do naszego układu. Zamiast tradycyjnych poten-

cjometrów zastosowano ich elektroniczne odpowiedniki firmy Analog Devices o symbolu AD8402-AN100. W 14-nóżkowej obudowie znajdują się dwa 256-pozycyjne potencjometry RDAC sterowane szeregową, trójprzewodową magistralą SPI. Dwa dodatkowe wejścia umożliwiają asynchroniczne ustawienie potencjometrów w połowie zakresu (/RS) i rozłączenie wyprowadzenia Ax z równoczesnym połączeniem „suwaka” Wx z końcówką Bx (\SHDN). Potencjometry są produkowane w wersji jedno- (AD8400), dwu- (AD8402) i czterokanałowej (AD8403). Dostępne wartości rezystancji ścieżki to  $1k\Omega$  (-AN1),  $10k\Omega$  (-AN10),  $50k\Omega$  (-AN50) i  $100k\Omega$  (-AN100).

Być może niektórzy z Was zauważą, że do zmiany czasu impulsu wyjściowego w timerze 555 wystarczy proste źródło prądowe i wcale nie jest konieczne stosowanie takich - bądź co bądź - złożonych elementów. Jeśli w dodatku będzie to źródło sterowane napięciowo z wyjścia akcelerometru, to okaże się, że zbędny jest mikrokontroler! W zasadzie zgadzam się z tym. Jest jednak pewne „ale”. Nie możemy mieć pewności, czy w jakiejś płycie głównej lub karcie dźwiękowej (zwykle tam znajduje się game port), nie zastosowano innej metody pomiaru. W dodatku, procesor i tak już mamy, bo jest konieczny do odczytywania czujnika ciśnienia.

Sterowaniem zajmuje się mikrokontroler AT90S2313 taktowany z częstotliwością 3,58MHz. Przebiegu zegarowego dostarcza rezonator kwarcowy Q1 z towarzyszącymi kondensatorami C1 i C2. Ta odmiana AVR-ka posiada 2kB pamięci programu, 128 bajtów pamięci RAM i tyle samo pamięci EEPROM.

Jak wcześniej wspomniałem, napięcie zasilające jest pobierane z komputera. Napięcie to występuje na styku 1 złącza DB15 *game portu*. Takie wyjścia są zazwyczaj zabezpieczane wewnątrz komputera miniaturowymi bezpiecznikami topikowymi. Bezpieczniki te są wlutowane w obwód drukowany i w przypadku przepalenia, możemy mieć poważne problemy z ich lokalizacją i wymianą. Dlatego za-

stosowano dodatkowy bezpiecznik kasowalny B1 typu MultiFuse firmy Bourns. Jest to element, który już przy niewielkim przekroczeniu prądu znamionowego (100mA dla MF-R-010) rozłącza zabezpieczany obwód. Po usunięciu przyczyny zwarcia bezpiecznik sam powraca do stanu początkowego.

Zasilanie układów scalonych jest blokowane kondensatorami C3, C4, C5 o pojemności 100nF i jednym kondensatorem elektrolitycznym C8 o pojemności 100 $\mu$ F.

**Tomasz Gumny, AVT**  
**tomasz.gumny@ep.com.pl**

*Dziękuję firmie ALFINE z Poznania za udostępnienie elementów firm Analog Devices i Bourns.*

*Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/kwiecien01.htm> oraz na płycie CD-EP04/2001B w katalogu PCB.*

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

R1, R2: 10k $\Omega$ /0,25W

R3: 100k $\Omega$ /0,25W

R4: 1,3M $\Omega$ /0,25W

### Kondensatory

C1, C2: 22pF

C3..C7: 100nF/63V

C8: 100 $\mu$ F/16V

### Półprzewodniki

U1: AT90S2313-10PC (zaprogramowany)

U2: ADXL202JQC

U3: UTI

U4: AD8402-AN100

S1: MPX10DP

T1, T2: BC547

### Różne

Q1: rezonator kwarcowy 3,579545MHz

B1: bezpiecznik MF-R-010

Z1..Z3, Z45, Z6, Z7: kołki lutownicze

Z8, Z9: ARK2 do druku

U1: podstawka DIL20

U3: podstawka DIL16

U4: podstawka DIL14

W1: mikroprzełącznik do druku

Wtyk D-SUB 15pin z obudową

Kabel 6-żyłowy o długości 3m