



# Ultradźwiękowy miernik poziomu cieczy

## Do czego to służy?

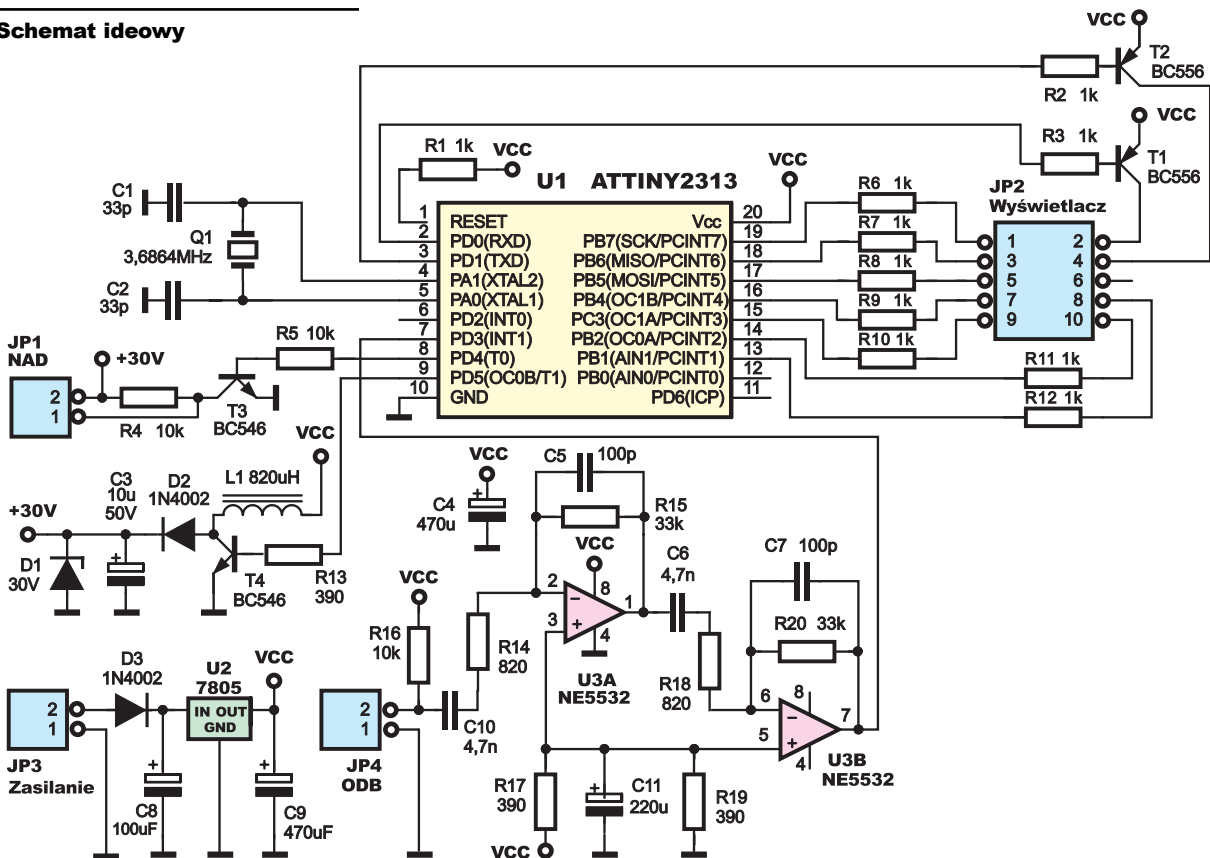
Prezentowane urządzenie powstało z myślą o użyciu w przyczepie kempingowej. Po zainstalowaniu w zbiorniku wody możliwe będzie monitorowanie jej poziomu. Pozwoli to zorientować się, kiedy należy uzupełnić zapas wody. Oczywiście układ może znaleźć wiele innych zastosowań, np. jako prosty czujnik odległości. Zasięg toru pomiarowego wynosi ponad 50cm.

Urządzenie jest złożone z dwóch części. Pierwsza z nich mierzy odległość za pomocą ultradźwięków i odpowiednio je przelicza. Druga część to wyświetlacz złożony z dwóch „cyferek”, które dołączone są za pomocą odciinka przewodu do pierwszej części. Takie rozwiązanie umożliwi zainstalowanie wyświetlacza w kabinie pojazdu.

## Jak to działa?

Na rysunku 1 przedstawiony jest schemat ideowy miernika. Najważniejszym jego elementem jest mikrokontroler. Zastosowałem ATTiny2313 ze względu na przystępną cenę, prostotę programowania oraz wbudowany generator PWM. Układ U1 wytwarza ultradźwięki (40kHz), odbiera je po wzmocnieniu i filtracji, oblicza odległość/poziom, „wytwarza”

Rys. 1 Schemat ideowy

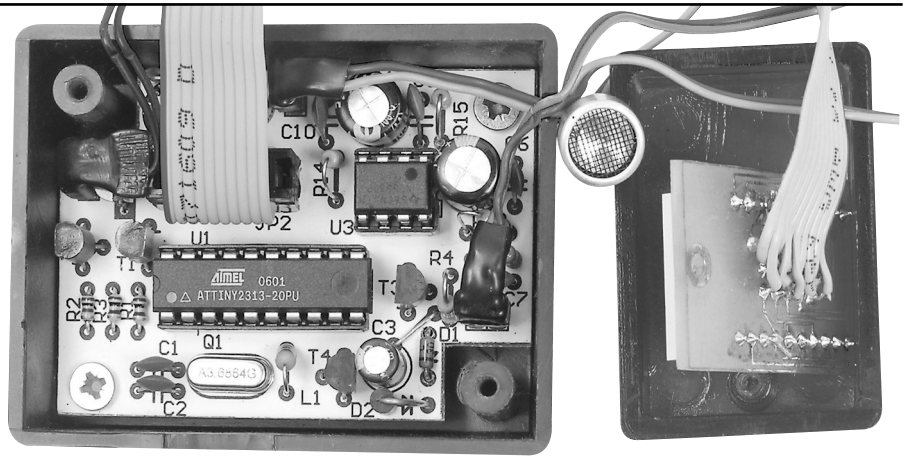


napięcie 30V zasilające przetwornik UD oraz steruje multipleksowanym wyświetlaczem.

Czujniki ultradźwiękowe (nadajnik i odbiornik) najlepiej działają przy częstotliwości 40kHz. Odstrojenie powoduje zmniejszenie czułości odbiornika oraz słabszy sygnał nadajnika, co przekłada się bezpośrednio na zmniejszenie zasięgu. Chcąc utrzymać stabilną częstotliwość, zastosowałem generator kwarcowy Q1.

Zasilanie nadajnika UD napięciem 5V okazało się niewystarczające, napięcie 12V nie poprawiło znacząco sytuacji. Postanowiłem zbudować prostą przetwornicę. Składają się na nią elementy L1, R13, T4, D2, C3, D1. Tranzystor T4 jest sterowany generatorem PWM. Jego otwarcie powoduje przepływ prądu przez cewkę L1. Po zatkaniu tranzystora T4 prąd nie płynie i na cewce indukuje się wysokie napięcie „starające się podtrzymać przepływ prądu”. Wysokie napięcie, o polaryzacji odwrotnej do napięcia zasilającego cewkę, przepływa przez diodę D2 i ładuje kondensator C3. Na okładzinach kondensatora powstaje wysokie napięcie zasilające przetwornik UD. W pierwszej fazie testów nie było diody Zenera D1 i napięcie na kondensatorze C3 przekraczało... 100V (sic!). Oczywiście bez obciążenia. Tak wysokie napięcie nie było odpowiednie dla przetwornika UD, więc zastosowałem diodę D1, która utrzymuje napięcie na poziomie 30V.

Wysokie napięcie jest doprowadzane do jednej z elektrod nadajnika UD, natomiast do drugiej elektrody dołączony jest kolektor T3. Rezystor włączony równolegle z nadajnikiem UD poprawił jego pracę. Łatwo się domyślić, że T3 jest kluczowany przebiegiem o częstotliwości 40kHz i odpowiada za generowanie ultradźwięków. Warto mieć na uwadze, że ultradźwięki nie są generowane cały czas, lecz mają formę krótkotrwałych impulsów. Odbiornik UD dołączony jest do wzmacniacza operacyjnego, który skonfigurowany jest do pracy jako wzmacniacz i filtr. Na schemacie widać dwa identyczne bloki z U3A i U3B, oba mają jednakowe parametry: pasmo prze-



noszenia 41.48kHz oraz łączne wzmocnienie 64dB (około 1600 razy). W urządzeniu nie ma symetrycznego zasilania, więc konieczne było wytworzenie sztucznej masy za pomocą elementów R17, R19 i C11. Zadaniem kondensatora C4 jest filtrowanie napięcia zasilającego wzmacniacz operacyjny. Dzięki temu zakłócenia wnoszone do układu są mniejsze.

Ostatnim elementem jest złącze JP2, do którego należy dołączyć wyświetlacz zamontowany na osobnej płytce drukowanej. Rezystory R6-R12 mają za zadanie ograniczać prąd płynący przez segmenty wyświetlacza. Tranzystory T1, T2 służą do kluczowania wyświetlacza i umożliwiają ich multipleksowane sterowanie.

**Rysunek 2** pokazuje schemat ideowy wyświetlacza. Poza wyświetlaczami siedmiosegmentowymi i miejscem na przyłutowanie przewodu nie zawiera on nic więcej, więc nie ma potrzeby jego szczegółowego omawiania.

## Oprogramowanie

Oprogramowanie nie jest skomplikowane i można je ściągnąć z Elportalu EdW. Na samym początku wywoływana jest funkcja *setup()*, która przygotowuje urządzenia do pracy. Polega to na ustawieniu portów sterujących segmentami wyświetlacza i tranzystorami kluczującymi jako wyjściowe. Następnie konfigurowany jest generator PWM, aby możliwe było wytwarzanie wysokiego napięcia potrzebnego dla przetwornika UD. Ustawieniu podlegają także porty nadajnika i odbiornika UD – odpowiednio wyjście i wejście z pull-up.

Prędkość dźwięku w powietrzu wynosi około 330m/s. Oznacza to, że dźwięk pokonuje odległość jednego metra w czasie 3ms, natomiast odległość 1cm w czasie 30µs. Mikrokontroler taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 3,6864MHz ma cykl maszy-

### Listing 1

```
//petla glowna
while(1){
//wyslanie fali ultradzwiekowej
impuls() ;

//oczekiwanie na odbicie
TCNT1 = 0 ;
TCCR1B = 0x04 ;
while((bit_is_set(PIND, 3)) && (TCNT1<0x1000));
TCCR1B=0x00;

//odeslanie informacji
bool sel = 0;
for(char t=0 ; t<50 ; t++){
//-----
//PRZETWORZENIE WYNIKU!!!
unsigned int wynik = (TCNT1*6)/5 ;
//-----

//wyswietl
for(unsigned int t=0 ; t<0x2FFF ; t++){;}
sel = !sel ;
wyswietl(wynik, sel) ;
}
}
```

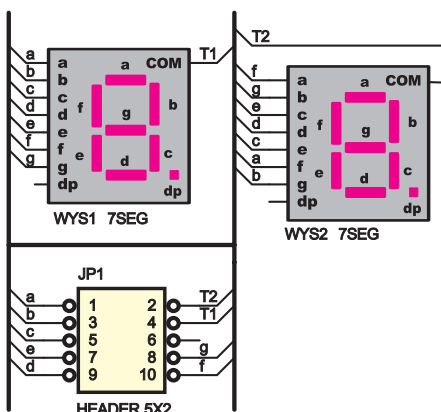
nowy trwający 0,27µs, więc możliwe jest bezproblemowe mierzenie tak krótkich czasów, a co za tym idzie, także odległości.

Pętla główna pokazana została na **listingu 1**. Rozpoczyna się od wysłania impulsu o częstotliwości 40kHz poprzez wywołanie funkcji *impuls()*. Następnie zerowany i włączony jest licznik T1, który odmierza czas upływający od momentu wysłania impulsu do jego powrotu. Po stwierdzeniu, że odbity sygnał powrócił, licznik T1 ulega zatrzymaniu. Wynik pomiaru, czyli zawartość licznika T1, jest przeliczany tak, aby pokazywał odległość w centymetrach. Oczywiście można zmodyfikować ten fragment programu, aby pokazywał ilość pozostałej wody. Zbiornik można potraktować jako prostopadłościan, obliczyć pole powierzchni podstawy i mnożyć przez wysokość. Wysokością będzie wynik, pochodzący z toru pomiarowego.

Ostatni etap pracy programu polega na wyświetleniu zmierzonej wartości. Odbywa się to poprzez wysłanie liczby do funkcji *wyswietl()*. Pierwszym argumentem jest liczba do wyświetlenia, a drugim wybór wyświetlacza, który ma być aktywny. Wyświetlanie odbywa się przez cykliczną zmianę wyświetlaczy, dzięki czemu widoczna jest cała liczba.

Funkcja *wyswietl()* wyłącza oba tranzystory kluczujące, a następnie sprawdza wartość

**Rys. 2**

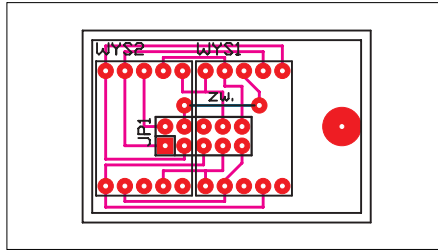


liczby. Jeżeli jest ona większa niż 99 następuje powrót z funkcji bez wyświetlenia czegokolwiek. Efektem jest ciemny wyświetlacz. Takie zjawisko można zauważyć, gdy przekroczony jest zakres pomiarowy, tzn. czujniki są od siebie nadmiernie oddalone. Liczba nie może być ujemna, bo argument funkcji jest typu *unsigned*.

Następnie, w zależności od wybranego wyświetlacza, wczytywany jest kod odpowiadający wyświetlanej cyfrze z tablicy *ko-dy* i następuje włączenie wybranego wyświetlacza. Po tych wszystkich czynnościach następuje opuszczenie funkcji i ponowne wykonanie pomiaru.

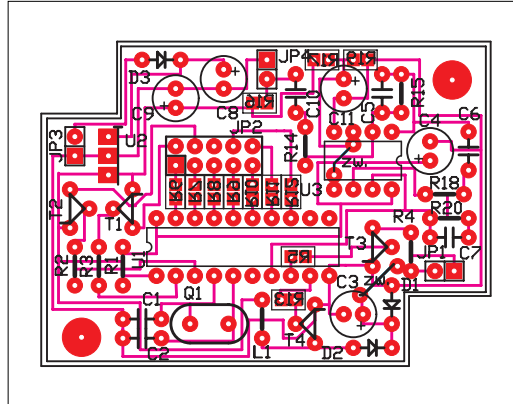
## Montaż i uruchomienie

Wyświetlacz (rysunek 3) został zamontowany w przezroczystej obudowie Z-43, natomiast układ miernika (rysunek 4) w obudowie Z-68. Dużej staranności wymaga zamontowanie nadajnika i odbiornika UD, ponieważ te elementy nie mogą sprzęgać się akustycznie. Złe zamontowanie czujników spowoduje, że na wyświetlaczu będzie wyświetlana stała wartość (odległość między czujnikami). Rozwiązaniem może być osłona nadajnika UD wykonana z rurki termokurczliwej lub kawałka pleksi. Do czujników należy przylutować przewody, podłączyć do odpowiednich złączy i zamocować je poza obudowę Z-68.



Rys. 3 Schemat montażowy wyświetlacza

Rys. 4 Schemat montażowy miernika



Układ jest zabezpieczony przed odwrotną polaryzacją i może być zasilany napięciem 8...20V dzięki wbudowanemu stabilizatorowi.

Jakub Borzdynski  
jotbeage@interia.pl

### Wykaz elementów

<b>Rezystory</b>	C11..... 220µF	U1..... ATTINY2313
R13,R17,R19..... 390Ω SMD	C3..... 10µF	U2..... 7805
R14,R18..... 820Ω	C4,C9..... 470µF	U3..... NE5532
R15,R20..... 33kΩ	C5,C7..... 100pF	<b>Pozostałe</b>
R1-R3..... 1kΩ	C6,C10..... 4,7nF	JP1,JP3,JP4..... goldpin 1x2
R4..... 10k..	C8..... 100µF	JP2..... goldpin 5x2
R5,R16..... 10kΩ SMD	<b>Półprzewodniki</b>	L1..... 820µH
R6-R12..... 1kΩ SMD	D1..... Zenera 30V	Q1..... 3.6864MHz
<b>Kondensatory</b>	D2,D3..... 1N4002	WYS1,WYS2..... wyświetlacze
C1,C2..... 33pF	T1,T2..... BC556	siedmiosegmentowe
	T3,T4..... BC546	nadajnik ultradźwiękowy i odbiornik

Komplet podzespołów z płytą jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2822.