

# Sztuczne obciążenie

**AVT  
5510**

*Prezentowany układ jest przyrządem warsztatowym, którego zadaniem jest obciążanie odbiornika zadany prądem. Układ będzie również przydatny przy testowaniu zasilaczy. Do wyboru mamy kilka trybów obciążenia: ciągły, impulsowy, trójkątny i piłokształtny.*

**Rekomendacje:** sztuczne obciążenie przyda się w warsztacie elektronika.

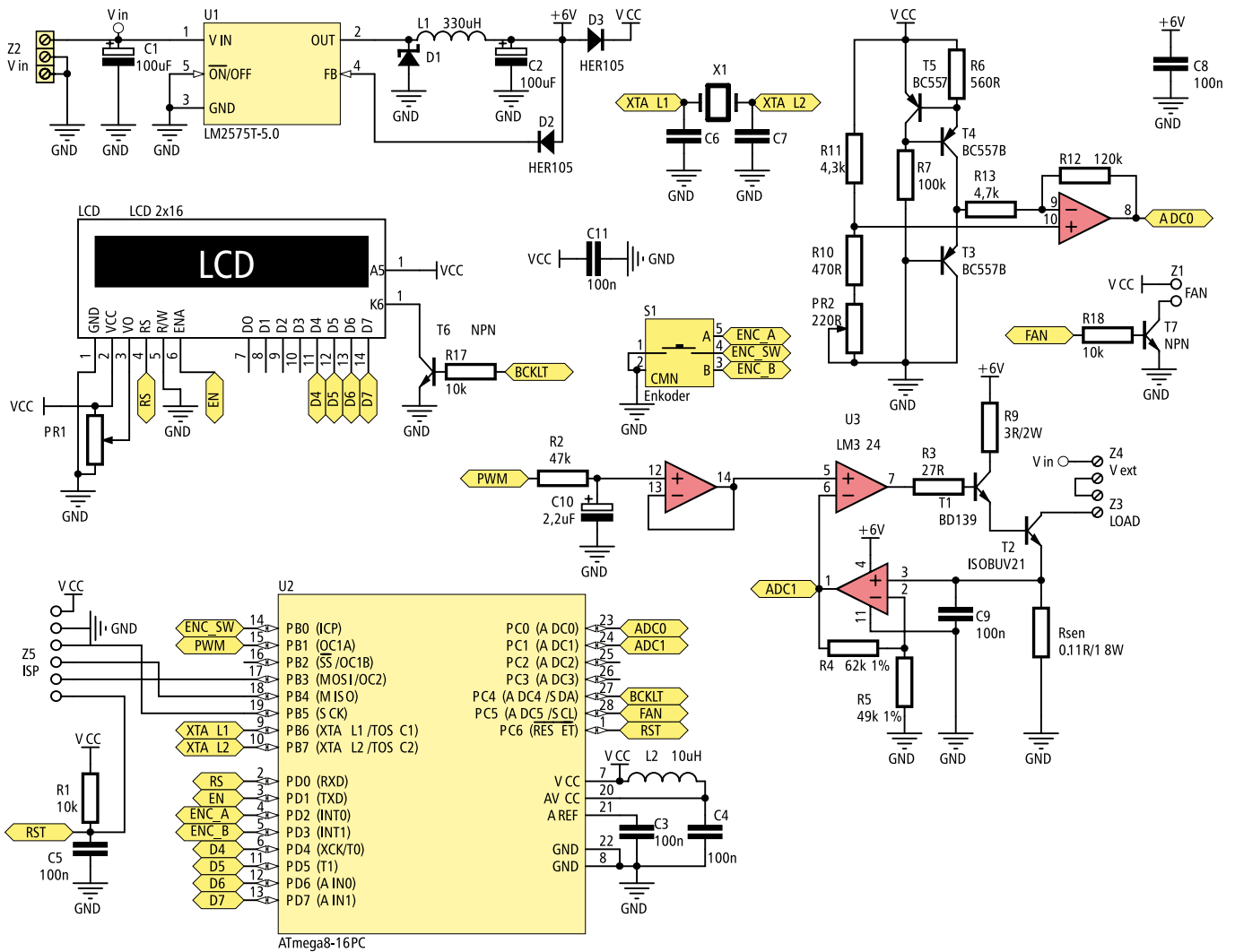
Schemat ideowy urządzenia pokazano na **rysunku 1**. Układ stabilizatora U1 wraz z kondensatorami C1 i C2, diodą D1 i dławikiem L1 zasilają całe urządzenie. Zdecydowałem się na ten układ ze względu na duży zakres napięcia wejściowego. Wyjaśnienia wymaga zastosowanie diod D2 i D3. Otóż w standardowej konfiguracji na nóżkę 4 układu LM2575T-5.0 jest bezpośrednio podawane napięcie wyjściowe, które dla tej wersji układu wynosi 5 V. Włączenie diody D2 powoduje, że teraz na wyjściu to napięcie będzie podwyższone o spadek napięcia na tej diodzie, czyli będzie wynosiło  $5\text{ V} + U_{D2}$ . W urządzeniu

modelowym wyniosło ono 5,6 V. To napięcie służy tylko do zasilania układu U3 typu LM324, który nie ma wyjścia rail-to-rail. Oznacza to, że zakres jego napięcia wyjściowego będzie znacznie niższy niż jego napięcie zasilania. Z noty katalogowej wynika, że dla napięcia zasilającego +30 V napięcie wyjściowe wyniesie co najwyżej +28 V. Przy zasilaniu +5 V na wyjściu otrzymamy około +3,8 V. To trochę za mało i dlatego podwyższyłem napięcie zasilające U3 właśnie za pomocą diody D2. Z kolei dioda D3 kompensuje ten nadatek, aby całą resztę układu, czyli głównie procesor U2 i wyświetlacz, zasilac napięciem +5 V.

Dobłą praktyką jest, aby diody D2 i D3 były umiejscowione na płycie drukowanej możliwie blisko siebie. Powinny to być diody tego samego typu, o możliwie małym rozrzucie napięcia przewodzenia.

Podstawowym zadaniem mikrokontrolera ATmega8 jest generowanie przebiegu PWM (o rozdzielczości 10-bitów) oraz pomiar napięcia na rezystorze pomiarowym  $R_{sen}$ . Za pomocą PWM, pośrednio, mierząc napięcie na rezystorze pomiarowym, oprogramowanie reguluje wartość prądu obciążającego. Oprócz tego U2 steruje wyświetlaczem LCD o organizacji 16 znaków  $\times$  2 linie. Jego podświetlenie pełni rolę dodatkowej sygnalizacji – alarmu o zbyt dużej temperaturze radiatora.

Zamiast typowych przycisków zdecydowałem się na zastosowanie impulsatora z aktywną ośką. Co prawda obsługa programowa jest trochę bardziej skomplikowana, ale korzystanie z takiego rozwiązania jest łatwiejsze i przyjemniejsze. Mikrokontroler jest taktowany za pomocą zewnętrznego



Rysunek 1. Schemat ideowy sztucznego obciążenia

## W ofercie AVT\*

## AVT-5510 A

## Podstawowe informacje:

- Częstotliwość PWM: 15,6 kHz.
- Rozdzielczość PWM: 10 bitów.
- Maksymalny prąd obciążający: 10 A.
- Napięcie zasilania: 9...36 V.
- Zakres napięcia na obciążeniu: 9...36 V (zależy od tranzystora wykonawczego)
- Tryby pracy (charakter prądu obciążającego): ciągły, impulsowy, trójkątny, piłkowsztatny.
- Wypełnienie przebiegu [%]: 5, 10, 20, 50, 70, 90.
- Okres przebiegu [s]: 0,5; 1; 2; 5; 10.

## Dodatkowe materiały na FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 66465, pass: td79fgh6

- wzory płytek PCB

## Projekty pokrewne na FTP:

(wymienne artykuły są w całości dostępne na FTP)

- AVT-1797 Sztuczne obciążenie wysokonapięciowe (EP 4/2014)
- AVT-5318 Miernik mocy skutecznej wzmacniacza audio (EP 11/2011)
- AVT-318 Obciążenie aktywne (EP 12/1996-1/1997)

## \* Uwaga:

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
 AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wylutowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można pobrać, klikając w link umieszczony w opisie kitu)

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

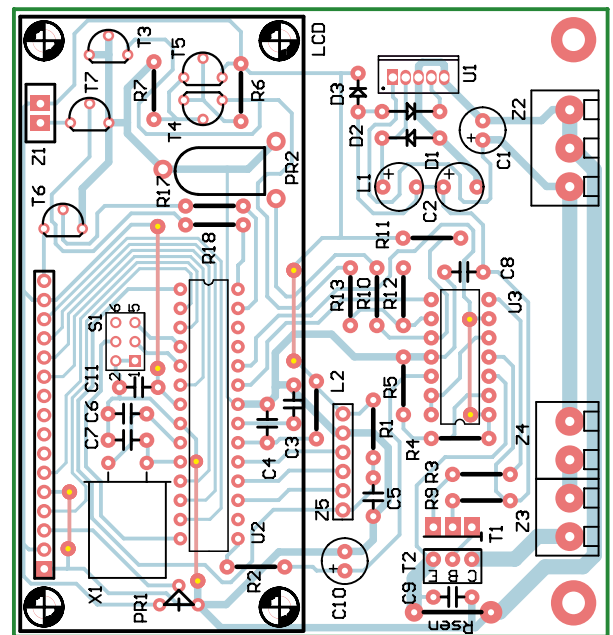
rezonatora o częstotliwości 16 MHz. Przejdźmy teraz do opisu części analogowej.

Przebieg PWM generowany przez mikrokontroler trafia na układ całkujący złożony z rezystora R2 i kondensatora C10.

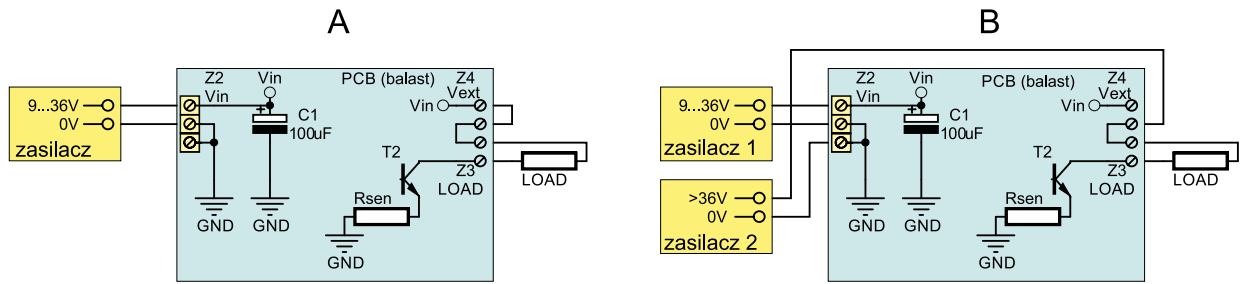
Następnie jest podawany na wótnik napięciowy. Tak przygotowany trafia na kolejną część układu U3, w której jest porównywany ze wzmacnionym napięciem pomiarowym z rezystora Rsen. Jednocześnie, to wzmacnione napięcie pomiarowe jest podawane na wejście ADC1 mikrokontrolera U2. Pozwala to na wyświetlenie wyników pomiarów na LCD i jest sprzężeniem zwrotnym dla pętli regulacji.

W tym miejscu zwracam uwagę, że zadawanie parametrów odbywa się poprzez procesor i sygnał PWM, jednak sama regulacja jest wykonywana w sposób analogowy

za pomocą wzmacniacza U3. Niestety, nie można zakładać stałości parametrów zastosowanych elementów, stąd konieczne jest regulowanie sygnału PWM w celu utrzymania stałych parametrów pracy.



Rysunek 2. Schemat montażowy sztucznego obciążenia



Rysunek 3. Sposób dołączenia obciążenia: a) element obciążony i obciążenie zasilane z tego samego źródła, b) element zasilany i obciążenie zasilane z różnych źródeł

Za wzmocnienie sygnału pomiarowego odpowiadają rezystory R4 i R5, dlatego w ich roli sugeruję zastosowanie takich o tolerancji 1% lub mniejszej. Stosunek rezystancji R4:R5 powinien wynosić 1,27:1. Jako tranzystor wykonawczy T2 wykorzystałem ISOBUV21 (po prostu taki był pod ręką). Niestety, jego wzmocnienie prądowe jest małe, więc konieczne stało się zastosowanie dodatkowego tranzystora pośredniczącego T1 – tutaj BD139.

Ponieważ do dyspozycji pozostała mi jedna ćwiartka układu U3, więc postanowiłem wykorzystać ją do zbudowania miernika temperatury. Duża dokładność nie jest wymagana

– zdecydowałem się w roli czujnika wykorzystać złącze tranzystora PNP, który przykręciłem do radiatora. Napięcie z przekątnej mostka trafia po wzmocnieniu do wejścia ADC0 układu U2 i tam jest zamieniane na ekwiwalent temperatury. Rezystory R6 i R7 oraz tranzystory T4 i T5 tworzą źródło prądowe, stabilizujące prąd płynący przez tranzystor T3 wykorzystany jako czujnik temperatury. Poprawia to nieco dokładność pomiaru. Tranzystor T7 steruje pracą wentylatora chłodzącego radiator. Konieczność jego zasilania z 5 V wynika z chęci uzyskania szerokiego zakresu napięcia wejściowego zasilającego urządzenie. Takie rozwiązanie uniezależnia nas od zewnętrznego stabilizatora U1 i dlatego najlepiej wyposażyć go w mały radiator.

problemów nawet początkującym. Należy jedynie pamiętać o poprawnej polaryzacji diod i kondensatorów. Pod układy scalone należy zastosować podstawki.

Po zakończonym montażu nie wkładamy układów U2 i U3 do podstawek zanim nie upewnimy się, że wartości napięcia zasilającego są odpowiednie. Dla układu U2 napięcie powinno być zbliżone do +5 V, natomiast dla U3 powinno wynosić 5,6 V.

Po załączeniu zasilania i zaprogramowaniu procesora układ jest gotów do pracy. Jediną konieczną regulacją jest ustawienie temperatury radiatora za pomocą PR2. Można też odkręcić T3 od radiatora, poczekać na ustabilizowanie się jego temperatury i ustawić temperaturę pokojową. Złącza Z2, Z3, Z4 zaprojektowano w taki sposób, aby obciążony element i układ mogły być zasilane dwojako. Zilustrowano to na rysunku 3. Jeśli chcemy zasilać zarówno element obciążony jak i urządzenie z tego samego źródła (napięcie mniejsze od 36 V), zwieramy złącze Z4 zewnętrznym mostkiem. Do Z3 włączamy odbiornik, a do Z2 doprowadzamy zasilanie (rys. 3a). Może się jednak okazać, że testowane napięcie (odbiornik) będzie wymagało znacznie wyższego napięcia lub będzie dysponowało swoim własnym. Wtedy do Z3 dołączamy obciążenie, masę obu urządzeń łączymy w złączu Z2, a testowany odbiornik do odpowiedniego pinu w gnieździe Z4 (rys. 3b).

Jak wspominałem, układ modelowy zbudowałem z użyciem tranzystora ISOBUV21. Jednak oprócz niego przetestowałem też tranzystor S2000AF. Oba mają mniej więcej takie samo wzmocnienie, jednak są przeznaczone do innych zastosowań. Tranzystor S2000AF może pracować przy napięciu kolektor-emiter powyżej 1000 V i prądzie do 8 A, natomiast ISOBUV21 może przewodzić duży prąd (do 40 A) i ma niższe dopuszczalne napięcie kolektor-emiter wynoszące 200 V.

W zasadzie nie ma większych przeciwwskazań, aby obudowa radiatora była połączona z masą GND. Ułatwi to nieco montaż na radiatorze. Ja jednak zdecydowałem się odizolować radiator od obwodów elektrycznych. Stało się tak głównie dlatego, że oba w/w tranzystory wykonawcze są izolowane. Jedyne czujnik temperatury (T3) musiałem przymocować na podkładce izolacyjnej.

Janusz Gwóźdź

Wykaz elementów

Rezystory:

- R1, R17, R18: 10 kΩ
- R2: 47 kΩ
- R3: 27Ω
- R4: 62 kΩ/1%
- R5: 49 kΩ/1%
- R6: 560 Ω
- R7: 100 kΩ
- R9: 3 Ω/2 W
- R10: 470 Ω
- R11: 4,3 kΩ
- R12: 120 kΩ
- R13: 4,7 kΩ
- PR1: 10 kΩ/A
- PR2: 220 Ω/A
- Rsen: 0,11 Ω/18 W

Kondensatory:

- C1: 100 μF/50 V (elektrolit.)
- C2: 100 μF/16 V (elektrolit., Low ESR)
- C3...C5, C8, C9, C11: 100 nF
- C6, C7: 22 pF
- C10: 2,2 μF/25 V

Półprzewodniki:

- D1: dioda Schottky, np. 1N5819
- D2, D3: HER105
- T1: BD139
- T2: ISOBUV21
- T3...T5: BC557
- T6, T7: BC547
- U1: LM2575T-5.0
- U2: ATmega8-16PC
- U3: LM324

Inne:

- L1: dławik 330 μH, prąd nasycenia ok. 1,5 A lub więcej
- L2: dławik 10 μH, prąd nasycenia ok. 50 mA
- LCD: wyświetlacz LCD 2×16 znaków
- S1: impulsator z przyciskiem w osce
- X1: kwarc 16 MHz
- Z1: złącze wentylatora (punkty lub np. ARK2)
- Z2: ARK3
- Z3, Z4: ARK2
- Z5: goldpin 1×6

Obsługa urządzenia

Obracając impulsatorem poruszamy się po drzewie menu w górę lub w dół, natomiast przejście do „gałęzi” odbywa się poprzez naciśnięcie oski. Menu „Tryb” służy do wyboru charakterystyki obciążenia. Do wyboru mamy tryby: ciągły, impulsowy, trójkątny i piłokształtny. W każdym z nich, innym niż ciągły, potrzebujemy dodatkowych parametrów charakteryzujących przebieg obciążania. Tych ustawień dokonujemy za pomocą menu „Ustawienia”. Dostępnym parametrami są okres i wypełnienie. Wyboru dokonujemy spośród kilku stałych wartości.

Po wybraniu menu „Start” urządzenie rozpoczyna pracę. Ustawienie amplitudy (wartości prądu obciążającego) następuje na bieżąco w miarę obracania oską impulsatora. Ponieważ mamy możliwość ustawienia 1024 poziomów (10 bit PWM) konieczne stało zaimplementowanie mnożnika impulsów. Jeśli teraz (tj. będąc w menu „Start”) naciśniemy oskę impulsatora, wprowadzone za jego pomocą nastawy będą mnożone – zgodnie z wyświetlanym opisem – przez 8, 4 lub 1. Tu mamy również możliwość wyłączenia balastu.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy sztucznego obciążenia zamieszczono na rysunku 2. Montaż należy rozpocząć od wlutowania pięciu zworek. Urządzenie składa się z komponentów do montażu przewlekane, więc zlutowanie całości nie nastręczy najmniejszych