

# Generator impulsów prostokątnych

## Do czego to służy?

Prezentowane urządzenie znajdzie zastosowanie w pracowni elektronika jako generator przebiegu prostokątnego, w szczególności często potrzebnych krótkich impulsów o czasie trwania kilkudziesięciu nanosekund. Cechy wyróżniające je spośród innych tego typu konstrukcji to: szeroki zakres generowanych impulsów, bezstopniowa regulacja czasu impulsu i kompaktowy rozmiar. Ma komplementarne wyjście TTL 5V przeznaczone do pracy z układami cyfrowymi oraz wysokoprądowe wyjście typu „otwarty dren” wyposażone w niskoomowy rezystor bezindukcyjny ułatwiający obserwację przebiegów z wykorzystaniem oscyloskopu. Specjalizowany sterownik bramki tranzystora umożliwia uzyskanie stromych zboczy przebiegów wysokoprądowych, przez co straty mocy, nawet podczas przepływu wysokich prądów, są minimalne.

Te właściwości powodują, że urządzenie przydaje się podczas uruchamiania układów elektronicznych, w szczególności badania odpowiedzi zasilaczy na nagłe zwarcie.

Wygodny „analogowy” interfejs umożliwia łatwe sterowanie pracą generatora. Ustawianie czasu trwania impulsu i częstotliwości przebiegu odbywa się liniowo za pomocą potencjometrów w kilku przedziałach przełączanych przez przełączniki obrotowe. Użycie potencjometrów analogowych zapewnia dużą rozdzielczość nastaw.

Dodatkowe wyposażenie w postaci sterownika mikroprocesorowego wykorzystującego czujnik temperatury zapewnia ochronę przed nadmiernym wzrostem temperatury tranzystora kluczującego.

## Jak to działa?

Generator zbudowany jest w oparciu o układ 74HCT123, który wywodzi się z klasycznej serii układów cyfrowych TTL. Zawiera w swym wnętrzu dwa jednakowe przerzutniki monostabilne, zwane również uniwbulatorami.

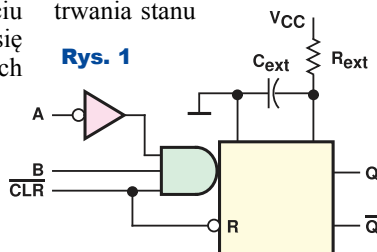
Przerzutnik tego typu ma dwa stany: stabilny i quasi-stabilny, do którego przechodzi na pewien czas po

wystąpieniu sygnału zewnętrznego, wracając następnie do stanu stabilnego. Sygnałem zewnętrznym wyzwalającym przejście do stanu quasi-stabilnego może być zbocze opadające lub rosnące. Dzięki takiej właściwości można przykładowo za pomocą krótkiego impulsu wyzwolić dłuższy impuls o ustalonym czasie trwania albo wygenerować krótki impuls towarzyszący zmianie stanu wejścia.

Schemat logiczny uniwbulatora ‘123, zaczerpnięty z jego karty katalogowej (TI), prezentuje **rysunek 1**. Ma on trzy wejścia sterujące pracą: A, B służące do wyzwalania przejścia do stanu quasi-stabilnego oraz CLR do zerowania. Zwolnienie impulsu odbywa się w momencie pojawienia się zbocza rosnącego na wejściu A lub opadającego na wejściu B. To jest możliwe tylko wtedy, gdy na końcówce CLR panuje stan wysoki. Gdy na końcówce CLR jest stan niski, przerzutnik jest w pełni naładowany.

Zewnętrzne elementy Rext i Cext wyznaczają długość trwania impulsu na wyjściu. Zasada działania tego obwodu polega na szybkim rozładowaniu kondensatora Cext podczas wystąpienia zbocza wyzwalającego na wejściu A lub B i powolnym ładowaniu tego kondensatora przez rezystor Rext do pewnego poziomu napięcia, przy którym przerzutnik wraca do stanu stabilnego. Charakterystyczną cechą przerzutnika ‘123 jest możliwość wydłużenia czasu trwania stanu

Rys. 1



kit

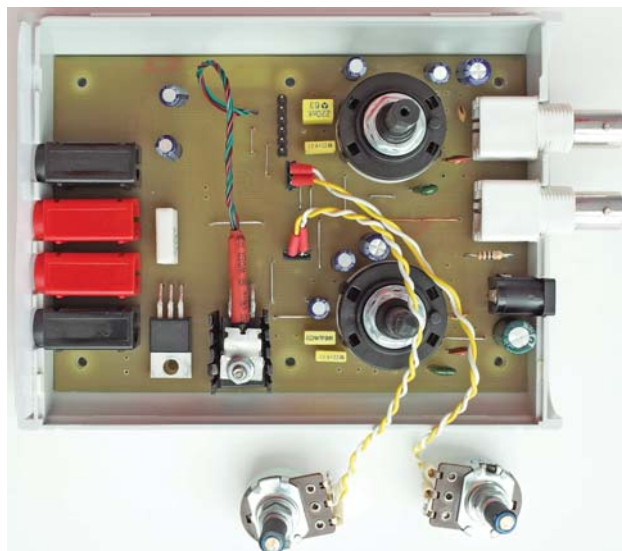
3263

AVT

quasi-stabilnego poprzez ponowne podanie zbocza wyzwalającego na wejście – kondensator jest wówczas szybko rozładowywany i rozpoczyna się jego ładowanie na nowo, bez zmiany stanu.

Ponieważ kondensator Cext jest przez większość czasu pod napięciem stałym, można w jego miejsce stosować kondensatory elektrolityczne, uzyskując czasy rzędu kilkunastu sekund (brak limitu wartości pojemności Cext).

Schemat elektryczny generatora znajduje się na **rysunku 2**. Dwa przerzutniki monostabilne zostały na schemacie oznaczone jako U5A i U5B. Pierwszy z nich ma wejście A połączone z wyjściem Q, przez co staje się przerzutnikiem astabilnym. Bardzo krótkie impulsy dodatnie występujące na wyjściu Q U5A wyzwalają



ją drugi przelutownik U5B poprzez wejście A. Oba przelutniki pracują z obwodami Rext/Cext, składającymi się z dziewięciu kondensatorów na przelutownik, przełączanych przełącznikiem obrotowym oraz potencjometrami obrotowymi jako Rext. Pojemności kondensatorów to wielokrotności wartości 2,2, począwszy od 2,2pF, skończywszy na 22uF. Taki dobór wartości wraz z potencjometrem 22kΩ zapewni pokrycie czasów trwania impulsów od 50ns do kilkunastu sekund. Na **rysunku 3** widoczny jest wykres z logarymiczną skalą na obu osiach prezentujący pokrycie czasu od dziesiątek nanosekund do dziesiątek sekund, gdzie na osi X zaznaczone są pojemności dla każdego z 9 zakresów. Zastosowanie układu serii HC/HCT pozwala na generowanie impulsów o czasie trwania od 50ns.

Dużą zaletą rozwiązania w postaci dwóch członów generatora jest to, że dwa parametry przebiegu: szerokość impulsu  $T_p$  oraz czas między kolejnymi wystąpieniami T (okres), są ustawiane niezależnie i nastawa każdego z nich nie powoduje zmiany tego drugiego.

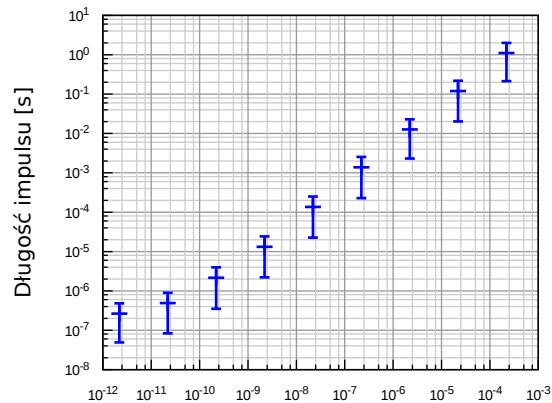
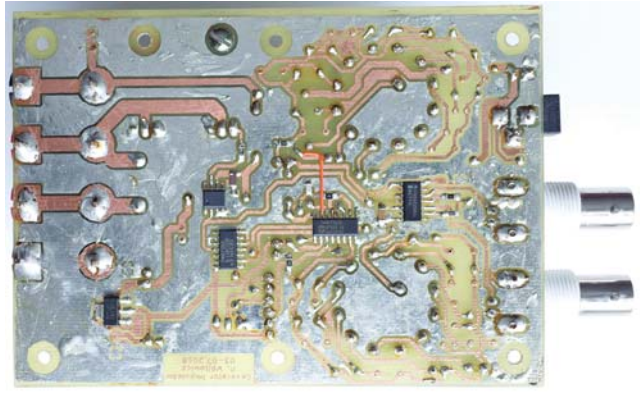
Wadą jest to, że warunkiem wystąpienia przebiegu okresowego jest  $T_p < T - T_c$ , gdzie  $T_c$  to czas rozładowania kondensatora w przelutniku U5B. W konsekwencji tego są trudności w uzyskaniu przebiegu o współczynniku wypełnienia

powyżej 90% na wyjściu Q. Rozwiązaniem tego problemu jest skorzystanie z wyjścia zanegowanego Q i ustawienie krótszych impulsów.

Wyjście przelutnika U5B dostarcza przebiegu na przeciwne wyjścia TTL wyprowadzone na zewnątrz za pomocą gniazd BNC J2 i J3. Sygnał wyprowadzany jest poprzez trzy inwertery kostki U4, które buforują oraz wprowadzają korzystne tutaj opóźnienie.

Przebieg z przelutnika U5B jest także użyty do sterowania obwodem kluczującym z tranzystorem mocy T1. Najpierw sygnały z wyjścia Q i Q̄ dochodzą do wejść bramek NAND U3A i U3B. Stan wejść podłączonych do linii interfejsu sterującego oznaczonych etykietami  $lh_{l\_en}$  i  $hl_{h\_en}$  decyduje, który z sygnałów zostanie podany dalej, poprzez bramkę U3D do sterownika TC4427. W ten sposób użytkownik może wybrać, który z przebiegów – odwrócony lub nieodwrócony, będzie podawany na bramkę T1.

Układ U6 jest specjalizowanym sterownikiem bramek tranzystora MOSFET. Wewnątrz zawiera dwa nieodwracające buforów z wejściami kompatybilnymi z napięciami TTL/CMOS. Wyjście buforów ma niską impedancję równą 7Ω i może osiągać wartości napięcia dochodzące do 18V. Cechy te rozwiązują problemy sterowania bramką większości tranzystorów MOSFET mocy, czyli problem pojemności bramek oraz względnie wysokiego napięcia  $V_{GS}$  potrzebnego do uzyskania minimalnej wartości  $R_{DS(on)}$ .

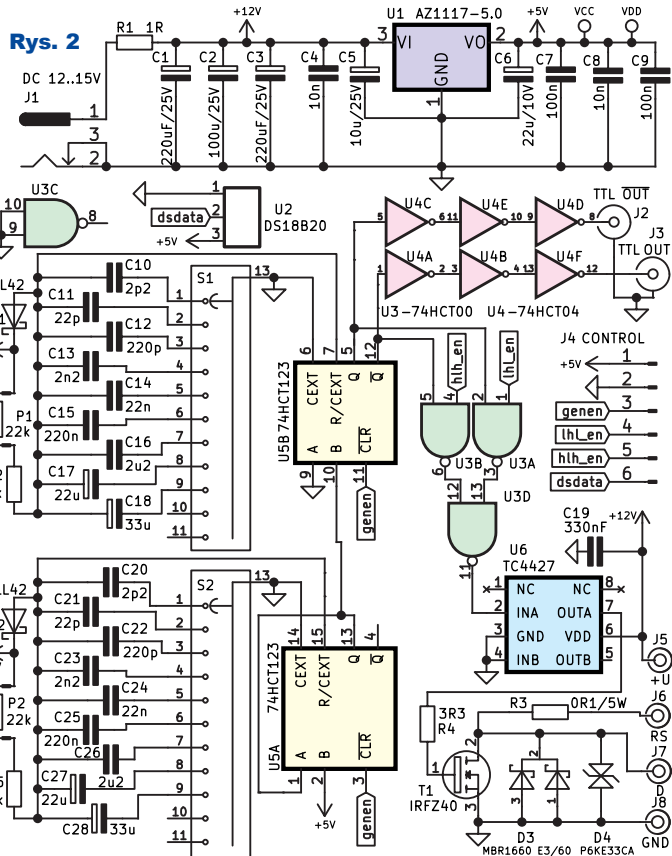


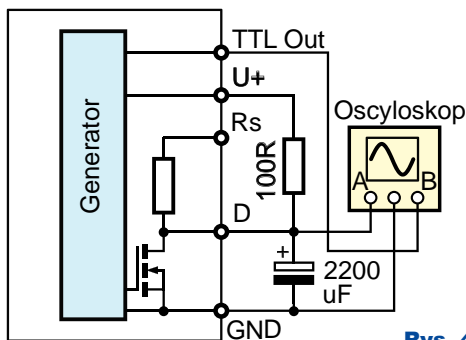
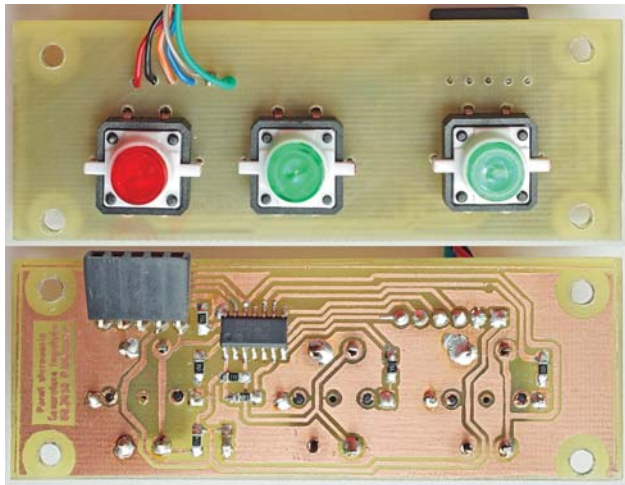
**Rys. 3** Pojemność Cext [F]

OUTA osiąga wartość napięcia zasilania 12V. Jest to wystarczająco dużo, aby uzyskać pełne otwarcie kanału w tranzystorze T1 i tym samym jego minimalną rezystancję. Co istotne, sterownik U6 zachowuje stromość zbocza charakterystyczną dla przebiegu cyfrowego, przez co straty mocy na tranzystorze są niewielkie. Rezystor R4 ogranicza prąd przeładowania pojemności bramek. Zbyt niska jego wartość powoduje, że przy dużej częstotliwości przełączania driver U6 może się grzać, zbyt wysoka natomiast sprawia, że zbocza przebiegu na bramce T1 są mniej strome.

**Rysunek 4** prezentuje przykładowy układ testowy, natomiast na **rysunku 5** pokazany jest przebieg na wyjściach TTL (kolor czerwony) i na drenie T1. Można dostrzec opóźnienie między zboczami sygnału TTL a tym na drenie, wynoszące około 60 ns. Przyczyną tego zjawiska jest to, że są to dwa różne tory, w których większe opóźnienie jest wnoszone przez driver tranzystora T1.

Ponieważ tranzystor kluczujący może przełączać duże prądy, jego struktura jest narażona na przepięcia oraz prądy wsteczne. Nawet niewielka indukcyjność jest w stanie spowodować powstanie piku napięcia na drenie o wartości przekraczającej jego napięcie pracy. Dioda D3 oraz transil D4 stanowią zabezpieczenie tranzystora podczas

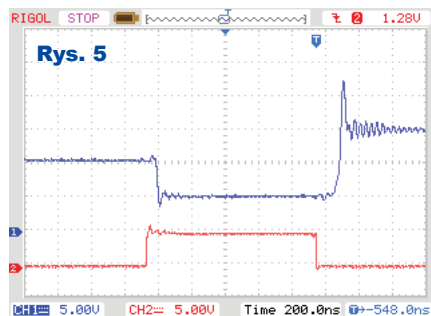




Rys. 4

wystąpienia takich zjawisk. Zastosowany tutaj tranzystor gasi przepięcia powyżej 33V, co daje bezpieczny margines napięcia dla użytego tranzystora. W szereg z drenem tranzystora został włączony bezindukcyjny niskoomowy rezystor pomiarowy R3, który ułatwia obserwację przebiegu prądu. Użytkownik ma dostęp do jego końcówek poprzez wystawione na zewnątrz gniazda laboratoryjne J6, J7. Dodatkowo na zewnątrz wyprowadzone jest napięcie zasilania, jednak nie ma ono dużej wydajności prądowej, ponieważ jest wyprowadzone za rezystorem bezpiecznikowym R1.

Kontrola nad pracą generatora odbywa się poprzez złącze J4. Oprócz sterowania przetrzutnikami U5A i U5B oraz ustalenia fazy sygnału sterującego T1, na pinie nr 6 wyprowadzona została końcówka DQ czujnika temperatury DS18B20 U2.



Rys. 5

Sterownik podłączany do J4 jest w zasadzie układem opcjonalnym i może mieć różną postać. W prototypie zastosowany został układ, którego schemat przedstawia rysunek 6. Użyty tutaj mikrokontroler PIC16F505 pracuje z częstotliwością 4MHz i należy do prostszych w rodzinie PIC. Interfejs użytkownika ma trzy przyciski wyposażone w podświetlenie LED: S203 służy do zatrzymania generatora, natomiast S201 i S202 do włączania generatora. Wciśnięcie przycisku S202 powoduje przekierowanie sygnału z wyjścia Q U5B na sterownik tranzystora kluczującego, natomiast wciśnięcie S201 – podanie sygnału z Q. Diody podświetlające wskazują aktualną pracę poprzez miganie z odpowiednim wypełnieniem. Przyciski tego typu mają diody w różnych kolorach. Niestety okazało się, że ich jasność jest uzależniona od koloru i czerwone świecą wyraźnie jaśniej od zielonych. Stąd różna wartość R203, R207 i R205.

Oprócz obsługi przycisków kontroler poprzez interfejs 1-WIRE odczytuje temperaturę z czujnika temperatury DS18B20 umieszczonego na płytce generatora obok tranzystora mocy T1. Przekroczenie temperatury 64°C aktywuje alarm – dioda w przycisku S203 zaczyna mrugać, a generator zostaje wyłączony.

Program na mikrokontroler napisany jest w assemblerze i to w dosyć niekonwencjonalny sposób. Wyodrębnione zostały dwa zadania: obsługa interfejsu użytkownika i obsługa czujnika temperatury, które są realizowane w slotach czasowych równych 1ms. Każde z zadań ma pewien zbiór stanów, które są zapamiętywane i procedowane podczas

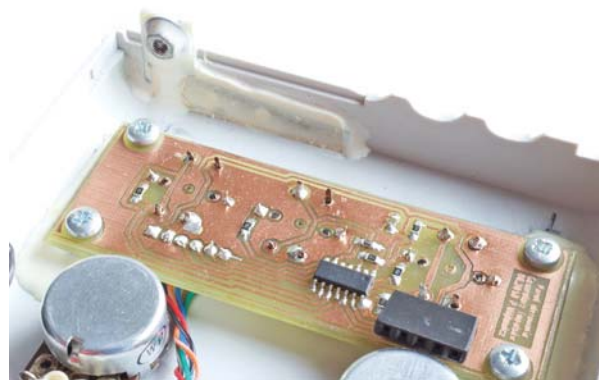
kolejnych slotów czasowych. W kolejnych slotach na zmianę są przetwarzane, obsługa odkłócania drgań przycisków oraz obsługa interfejsu OW. Jest to prosty przykład implementacji wielozadaniowości, której obecność jest zauważalna, ze względu na brak przestojów

programu podczas obsługi czujnika DS18B20. Protokół odczytu temperatury wymaga dosyć długich, ponad 200ms przerw w oczekiwaniu na odpowiedź zawierającą wynik pomiaru z przetwornika A/C. Taki czas oczekiwania w konwencjonalnym programie z użyciem pętli powoduje przestój w działaniu reszty programu i zauważalny brak responsywności z punktu widzenia użytkownika. Zastosowanie slotów czasowych 1ms oznacza również, że niektóre części ramki protokołu 1-Wire zostają wydłużone w czasie co najmniej o jedną milisekundę. Bezbledny odczyt temperatury z czujnika dowodzi, że taka implementacja protokołu jest poprawna. Konsekwencją jest to, że każdy odczyt jest wydłużony w czasie.

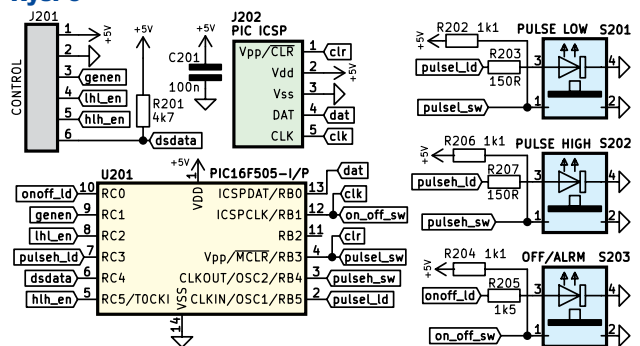
Szczegóły programu znajdują się w udostępnionych źródłach w materiałach na Elportalu.

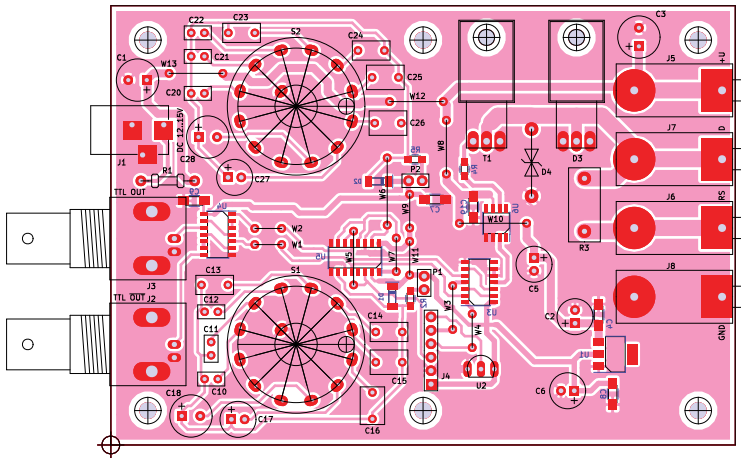
### Montaż i uruchomienie

Generator można zmontować na płytce drukowanej przedstawionej na rysunku 7. Jest to płytka jednostronna, z mieszanym montażem elementów – część elementów jest typu SMD, część przewlekanych. W szczególności zastosowanie przewlekanych kondensatorów pracujących w obwodzie generatora zostało podyktowane możliwością doboru odpowiedniej wartości pojemności za pomocą łączenia kilku kondensatorów szeregowo lub równoległo.



Rys. 6





Rys. 7 (skala 70%)



Rozmiar płytki oraz otwory montażowe spasowane są pod obudowę typu Z-91. Kontroler został zmontowany na osobnej płytce, której schemat montażowy przedstawia rysunek 8.

Montaż płytki bazowej należy rozpocząć, lutując elementy SMD, następnie wlotować kilkunastie zworek od strony TOP i elementy przewlekane. Tranzystor T1 oraz diodę D1 należy zamontować w pozycji horyzontalnej. Pod tranzystor T1 dobrze jest zastosować mały radiator, do którego łatwo będzie przymocować czujnik temperatury DS18B20. Diodę zabezpieczającą można przykręcić do płytki w celu uniknięcia drgań mechanicznych tego elementu. Połączenie czujnika z płytką można wykonać za pomocą trzech przewodów w izolacji.

Warto zastosować różne kolory gniazd J5–J8, dla odróżnienia np. masy. Niestety, obecnie w handlu są tylko gniazda czerwone i czarne, brak np. żółtego.

W celu zminimalizowania wpływu rezystancji obwodu drukowanego, ścieżki łączące dren i źródło tranzystora T1 można wzmocnić wlotowując drut miedziany.

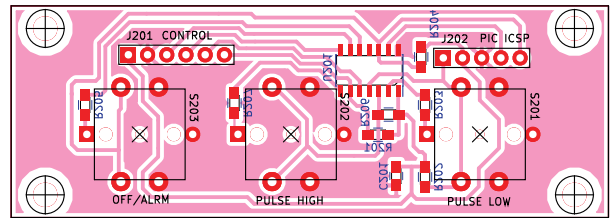
Oprócz ewentualnego doboru wartości elementów RC obwodu generatora, płytka bazowa oraz płytka panelu sterującego nie wymagają żadnej regulacji.

U2. Następnie, ustawiając odpowiednie stany na złączu CON5 oraz przebieg za pomocą pokręteł przełączników i potencjometrów, można sprawdzić pracę generatora, posługując się przy tym oscyloskopem. Na końcu sprawdzenia wymaga obwód mocy z tranzystorem T1, zgodnie z układem testowym z rysunku 4.

Użyta obudowa ma specyficzne łączenie części górnej i dolnej w postaci zatrzasków. Przez to niestety nie jest przystosowana do wykonywania w niej otworów w bocznych powierzchniach, ponieważ są tam umieszczone zakładki potrzebne do prawidłowego działania zatrzasku. Gniazda wyjściowe i zasilania wymagają wiercenia, tak więc obudowę należy wyposażyć w inny mechanizm zamknięcia. W prototypie problem ten jest rozwiązany w postaci dwóch płytek z laminatu w kształcie L, przyklejonych klejem epoksydowym (dobrze łączy ABS z laminatem) do wnętrza jednej części. Płytki mają do nich nakrętki M3. Śruba łączy przyklejone płytki oraz górną część obudowy, nie pozwalając na jej otwarcie.

Płytką panelu jest umocowana na czterech śrubach wkręconych w nakrętki przyklejone do górnej części obudowy. Przyciski wychodzą na zewnątrz przez wywiercone otwory w górnej części, wystając około jednego milimetra ponad powierzchnię obudowy.

Na panel oraz powierzchnie boczne zostały wykonane naklejki w postaci laminowanego papieru z podstawowym opisem interfejsu urządzenia oraz podziałkami pod pokrętłami ułatwiającymi orientację w nastawach. Pliki z rysunkiem opisu na obudowę znajdują się w archiwum dostępnym na Elportalu.



Rys. 8

Urucho-  
mienie naj-  
lepiej rozpo-  
cząć od kontroli napię-  
cia na sta-  
bilizatorze

**Wykaz elementów**

**Płytką bazowa**

R1	.....1Ω 0,125W
R2,R5	..... 2kΩ SMD 0805
R3	..... 0,1Ω/5W bezindukcyjny
R4	..... 3R3 SMD 0805
P1,P2	..... pot. obrotowy 22k liniowy
C1,C3	..... 220uF/25V
C2	..... 100u/25V
C4,C8	..... 10n SMD 1206
C5	..... 10u/25V
C6	..... 22u/10V
C7,C9	..... 100n SMD 1206
C10,C20	..... 2p2
C11,C21	..... 22p
C12,C22	..... 220p
C13,C23	..... 2n2
C14,C24	..... 22n
C15,C25	..... 220n
C16,C26	..... 2u2/16V
C17,C27	..... 22u/16V
C18,C28	..... 33u/16V
C19	..... 330nF SMD 1206
D1,D2	..... LL42 SMD SOD-80
D3	..... BR1660 E3/60 TO-220 3 końcówki
D4	..... transil P-6KE-33CA
T1	..... IRFZ40, IRFZ44 TO220
U1	..... AZ1117-5.0 SMD SOT-223
U2	..... DS18B20 TO-92
U3	..... 74HCT00 SMD SOIC-14
U4	..... 74HCT04 SMD SOIC-14
U5	..... 74HCT123 SMD SOIC-16
U6	..... TC4427 SMD SOIC-8
J1	..... gniazdo DC druk
J2,J3	..... gniazdo BNC druk
J4	..... listwa 6pin
J5-J7	..... gniazdo BSM-410-R
J8	..... gniazdo BSM-410-B
S1,S2	..... przełącznik obrotowy SP12T druk
pokrętło ..... 4 szt.	

**Płytką kontrolera**

R201	..... 4,7kΩ SMD 0805
R202,R204,R206	..... 1,1kΩ SMD 0805
R203,R207	..... 150Ω SMD 0805
R205	..... 1,5kΩ SMD 0805
C201	..... 100n SMD 1206
U201	..... PIC16F505-I/P SMD SOIC-14
J201	..... gniazdo 6pin
J202	..... gniazdo 5pin
S201,S202	..... Tact Switch 12x12mm, LED G
S203	..... Tact Switch 12x12mm, LED R

**Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3263**

**Piotr Wójtowicz**

piotr.wojtowicz@elportal.pl