

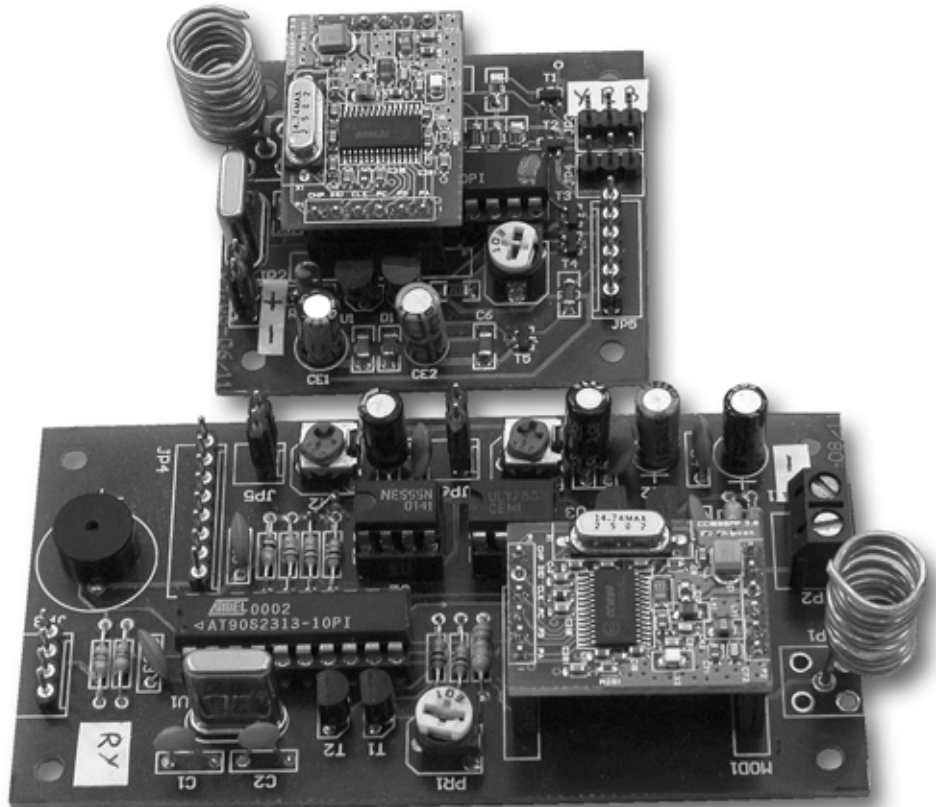
# Radiowy system zdalnego sterowania z kanałem zwrotnym, część 1

## AVT-517



*W skład prezentowanego systemu wchodzi nadajnik i odbiornik, które pozwalają sterować dwoma serwomechanizmami i dwoma wyjściami typu włącz/wyłącz. Możliwa jest praca z kanałem zwrotnym, którym przesyłane są dane z odbiornika do nadajnika.*

**Rekomendacje:** zestaw przydatny do dwukierunkowej transmisji danych na relatywnie duże odległości w nielicencjonowanym paśmie 433 MHz. Może spełniać rolę systemu zdalnego sterowania modeli lub medium transmisyjnego w lokalnych systemach telemetrycznych.

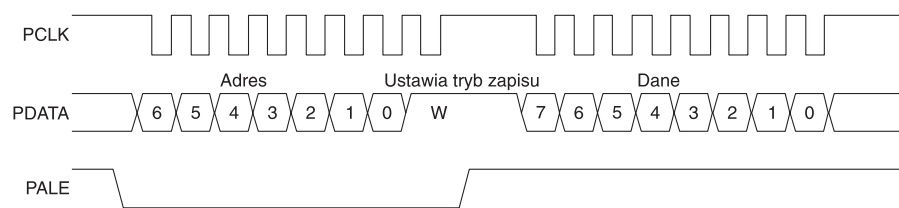


Najprostszy sposób sterowania na odległość pracą jakiegoś urządzenia polega na połączeniu go ze stanowiskiem operatora za pomocą kabla. Gdy nie jest to możliwe, najwygodniej jest użyć łącz bezprzewodowych, z których największą popularnością cieszą się łącza radiowe. Radiową transmisję danych można wykorzystać także do zdalnego sterowania modeli samolotów, łodzi lub innych pojazdów. Oprócz wymaganej niezawodności i możliwie dużego zasięgu, istnieje jeszcze jedno ograniczenie związane z wykonaniem radiowej aparatury do zdalnego sterowania/transmisji danych - jej koszt. Prezentowany w artykule zestaw można zbudować stosunkowo tanio, a jego najważniejsze parametry są następujące:

- obsługuje 2 niezależne kanały do sterowania serwomechanizmami,

- obsługuje 2 niezależnie przełączane wyjścia typu włącz/wyłącz,
- praca z kanałem zwrotnym z możliwością przekazywania do nadajnika m.in. informacji o stanie jednego wejścia typu włącz/wyłącz odbiornika,
- kontrola i sygnalizacja poziomu napięcia zasilania zarówno nadajnika, jak i odbiornika,
- zasilanie nadajnika 4,5...9 V/33 mA,
- zasilanie odbiornika 4,5...9 V/15 mA (ze względu na zasilanie serwomechanizmów zalecane 4,8...6 V),
- transmisja radiowa w paśmie 433 MHz z mocą nadajników 10 mW,
- cyfrowo kodowana transmisja danych sterujących.

Najważniejszym elementem prezentowanego systemu jest półdupleksowy radiomodem, który wykonano na układzie CC1000 firmy Chipcon. Ze względu na łatwość zastosowania i stosunko-



Rys. 1. Przebiegi czasowe sygnałów przy zapisie danych do rejestru wewnętrznego

wo niską cenę użyto gotowego modułu z tym układem - CC1000PP - produkowanego przez firmę Soyter.

### Zintegrowany transceiver CC1000PP

Zastosowanie jako kompletnego toru radiowego gotowego modułu wynika z chęci uproszczenia pracy konstruktorów. Dzięki temu, mamy „z głowy“ konieczność optymalizowania i wykonywania płytki drukowanej pod kątem wymogów stawianych urządzeniom pracującym w paśmie 433 MHz. Niewłaściwe poprowadzenie ścieżek czy powierzchni masy powoduje katastrofalne pogorszenie czułości i efektywnej mocy nadajnika, co oznacza zmniejszenie zasięgu. Kłopotliwe jest także zdobycie w ilościach detalicznych i montaż miniaturowych elementów SMD. Moduł CC1000PP ma niewielkie wymiary (28 x 21 mm) i byłoby niezwykle trudno w warunkach amatorskich samodzielnie wlutować użyte do jego budowy miniaturowe elementy.

Moduł umożliwia dwukierunkową transmisję danych. Przełączanie pomiędzy nadawaniem i odbiorem odbywa się programowo. Dzięki temu można było w łatwy sposób stworzyć kanał zwrotny, którym przesyłane są dodatkowe informacje do operatora.

Do komunikacji z modułem używanych jest 5 linii pogrupowanych w dwa interfejsy różniące się funkcjami. Wyprowadzenia PALE, PDATA i PCLK służą do programowania trybu pracy, co wiąże się z zapisem lub odczytem zawartości wewnętrznych rejestrów układu CC1000. Za pomocą tych linii można np. zaprogramować częstotliwość pracy, zmienić tryb pracy (nadawanie - odbiór), ustawić moc wyjściową w trybie nadawania, przeprowadzić kalibrację itd.

Na rys. 1 pokazano przebiegi czasowe sygnałów na wymienionych wyprowadzeniach podczas zapisu danych do jednego z rejestrów wewnętrznych układu. Dane przesyłane są linią PDATA i taktowane opadającym zboczem impulsu zegarowego linii PCLK. Najpierw, przy niskim poziomie linii PALE, transmitowany jest 7-bitowy adres wewnętrznego rejestru układu CC1000. Poziom wysoki ostatniego, ósmego bitu oznacza, że chodzi o operację zapisu. Następnie poziom na linii PALE zmienia się na wysoki i transmitowanych jest 8 bitów danych wpisywanych do wybranego wcześniej rejestru.

Linie DCLK i DIO tworzą drugi interfejs używany do wysyłania i odbioru danych przesyłanych drogą radiową. Do przesyłania bitów danych wykorzystywana jest linia DIO, natomiast na DCLK pojawiają się generowane przez CC1000 impulsy zegara synchronizujące transfer każdego bitu. W przypadku gdy moduł pracuje jako nadajnik, kolejny bit danych podawanych szeregowo na linię DIO powinien pojawić się przed narastającym zboczem impulsu zegarowego. Gdy moduł pracuje jako odbiornik, dane na linii DIO zmieniają kierunek. Wtedy zbocze narastające impulsu zegarowego określa moment, gdy z linii danych można odczytać kolejny bit odbieranych danych.

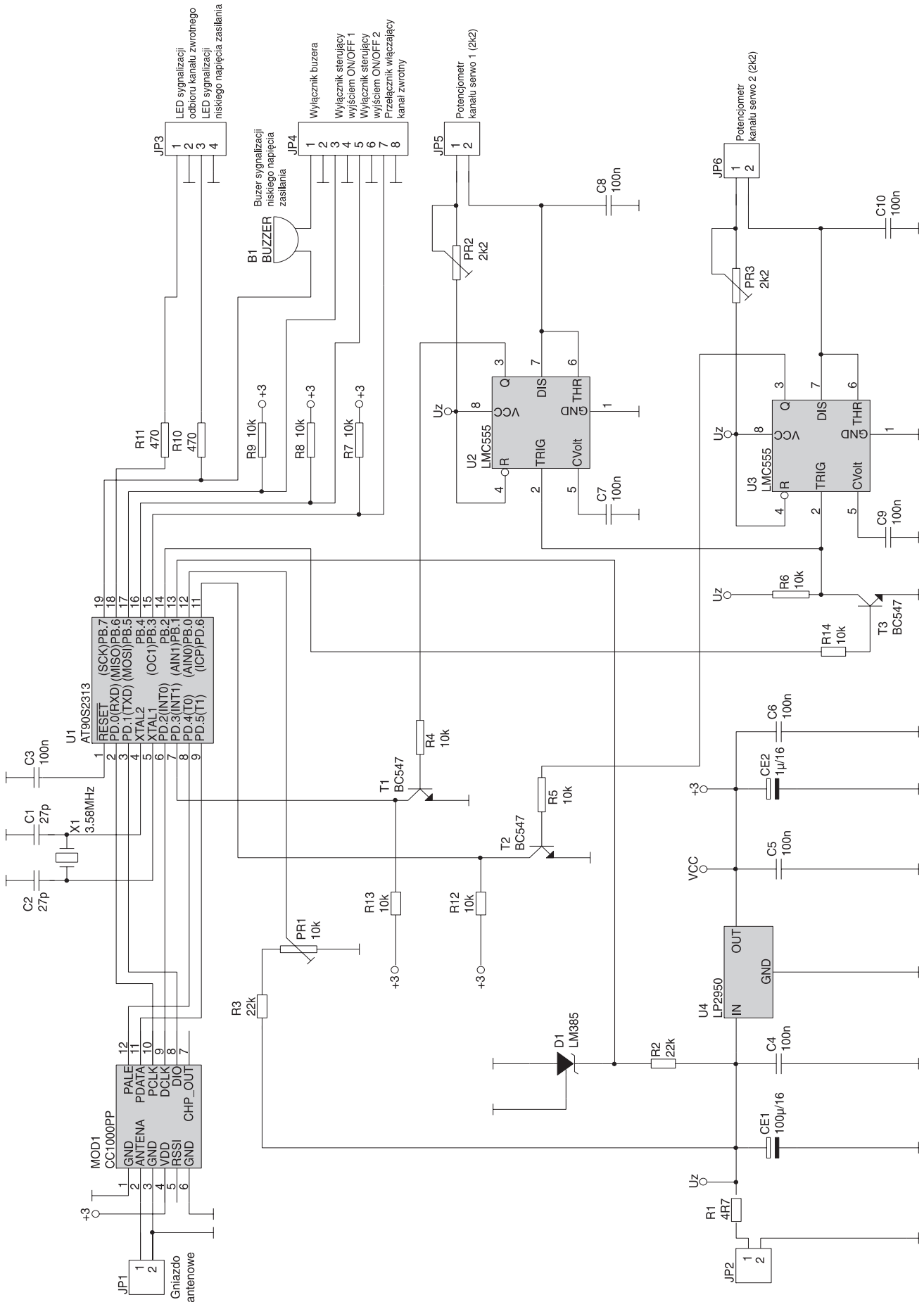
### Część operatorska - nadajnik

Ta część zestawu służy operatorowi m.in. do sterowania serwomechanizmami po stronie odbiorczej. Schemat elektryczny układu przedstawiono na rys. 2. Ze względu na przeznaczenie, schemat można podzielić na trzy funkcjonalne części: przetworniki położenia, elementy sterujące i sygnalizacyjne oraz układy dopasowujące.

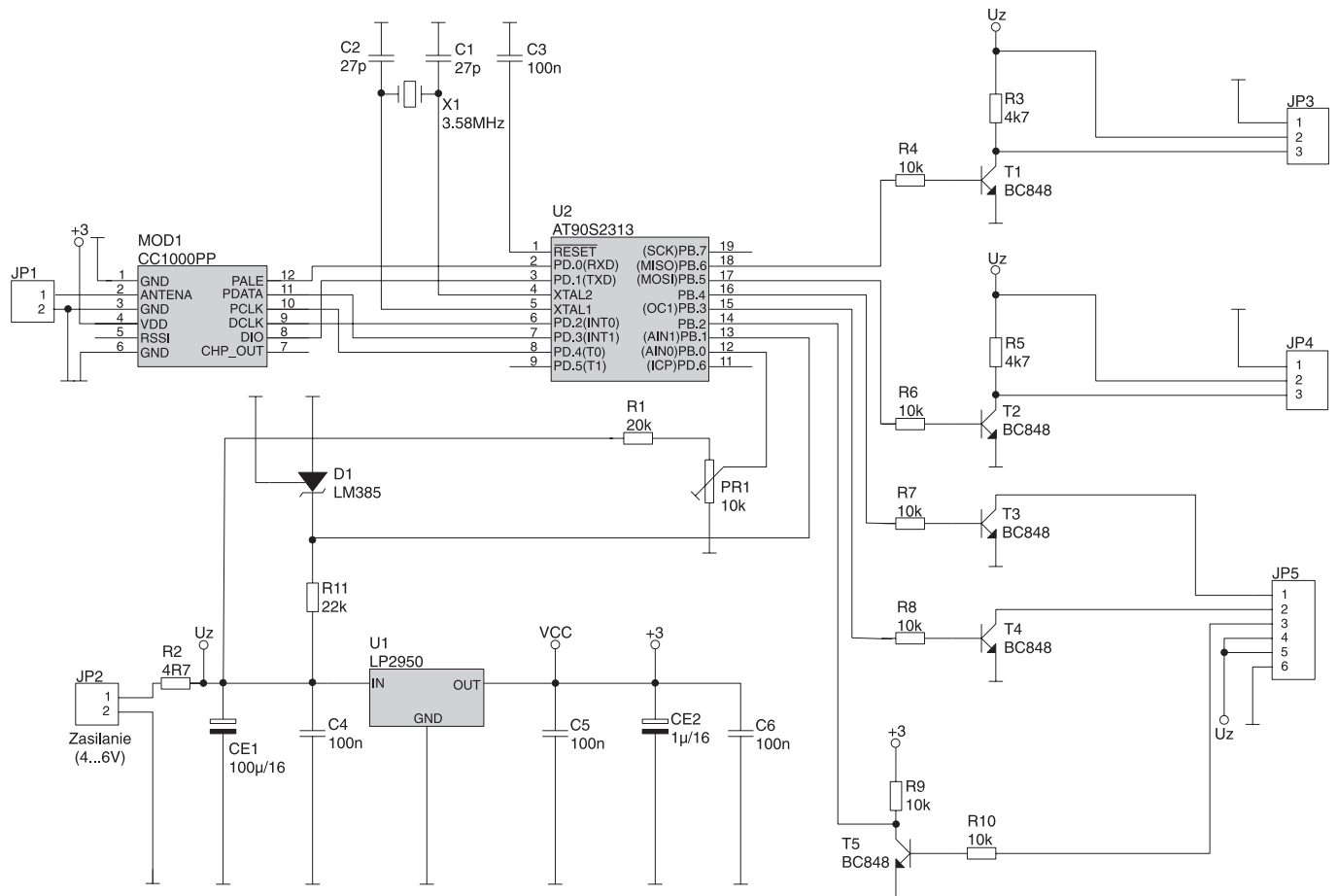
### Przetworniki położenia

Do sterowania położeniem serwomechanizmów służą operatorowi dwa potencjometry dołączone do gniazd JP5 i JP6. Zmianie położenia pokręteł potencjometrów powinien odpowiadać analogiczny ruch serwomechanizmów. Ponieważ transmisja danych odbywa się w sposób cyfrowy, położenie suwaków potencjometrów powinno być zakodowane w ten właśnie sposób. Służą do tego celu układy U2 i U3 (popularne układy czasowe typu 555). Pracują one jako generatory pojedynczego impulsu o regulowanym czasie trwania zależnym od oporności potencjometrów dołączonych do gniazd JP5 i JP6. Proces zamiany informacji o pozycji potencjometrów na postać cyfrową przebiega następująco. Najpierw procesor wytwarza na wyjściu 14 impulsów wyzwalający dla obu generatorów. Impuls ten podawany jest na wejścia TRIG U2 i U3. Powoduje to pojawienie się na ich wyjściach Q impulsu o czasie trwania zależnym od pojemności stałego kondensatora (C10 dla U3 i C8 dla U2) i oporności potencjometru sterującego. Impulsy podawane są na wyprowadzenia 7 i 11 procesora. Narastające zbocza impulsów z wyjść Q układów czasowych uruchamiają wewnętrzne programowe liczniki procesora, natomiast zbocza opadające tych impulsów zatrzymują pracę liczników. W ten sposób czas trwania impulsu może być zliczony przez licznik i zamieniony na liczbę z przedziału 0...255, proporcjonalną do położenia suwaka potencjometru sterującego.

Zastosowane w prototypie potencjometry sterujące mają oporność 2,2 kΩ i w połączeniu z kondensatorami C8 dla kanału pierwszego i C10 dla kanału 2 pozwalają wytwarzać impulsy na wyjściach Q o czasie trwania od 1 ms do 2,2 ms. Można zastosować potencjometry o innej oporności, co wiąże się z doborem wartości kondensatorów C8, C10 oraz oporników korekcyjnych PR2 i PR3 tak, aby przy ustalonych skrajnych położeniach potencjometrów generowane były impulsy o czasach trwania 1 ms i 2,2 ms. Należy sko-



Rys. 2. Schemat elektryczny nadajnika



Rys. 3. Schemat elektryczny odbiornika

rzystać ze wzoru na obliczenie czasu trwania impulsu:

$$TQ = 1,1(Rx * Cx), \text{ gdzie:}$$

TQ - czas trwania impulsu na wyjściach Q układów U2 i U3 w sekundach

Rx - sumaryczna oporność potencjometrów i oporników korekcyjnych w [Ω]

Cx - pojemność kondensatorów C8 i C10 w [F]

### Elementy sterujące i sygnalizacyjne

Oprócz przetworników położenia, układ wyposażono w gniazda dla przełączników sterujących dwoma wyjściami włącz/wyłącz oraz przełącznikiem włączającym kanał zwrotny. Znajdują się one na złączu JP4. Wyjścia włącz/wyłącz przyjmują po stronie odbiorczej poziom odpowiadający stanowi logicznemu, jaki wymusza przełączniki dołączone do JP4-3 i 5. Z kolei przełącznik dołączony do JP4-7 włącza lub wyłącza kanał zwrotny. Jeżeli zewrze on to wyprowadzenie do masy, nadajnik sterujący, każdorazowo po wysłaniu dro-

gą radiową danych do części odbiorczej, będzie przełączał się na odbiór i oczekiwał transmisji zwrotnej z odbiornika. Wyłącznik dołączony pomiędzy JP4-1 i 2 będzie uaktywniał buczek sygnalizujący stany awaryjne.

Do gniazda JP3 dołączane są diody sygnalizacyjne. Dioda LED dołączona do JP3-1 i 2 informuje o stanie wejścia włącz/wyłącz odbiornika (jeżeli kanał zwrotny jest włączony), natomiast LED JP3-3 i 4 sygnalizuje niski poziom napięcia zasilania.

Do grupy elementów sygnalizacyjnych można zaliczyć także układ detekcji poziomu napięcia zasilającego. Opornik R2 i źródło napięcia odniesienia D1 wytwarzają stabilne napięcie o wartości 1,2V podawane na wejście 13 mikrokontrolera. W mikrokontrolerach AT90S2313 jest to wejście odwracające wewnętrzny komparatora. Do wejścia nieodwracającego podawane jest napięcie z suwaka potencjometru PR1 i jego wielkość jest proporcjonalna do wartości napięcia zasilania Uz.

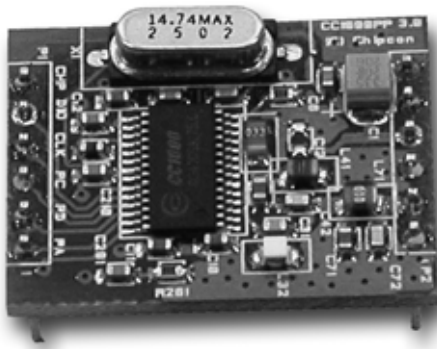
Jeżeli napięcie zasilania spadnie poniżej ustalonego potencjometrem progu, wewnętrzny komparator umożliwi procesorowi wykrycie tego faktu i poinformowanie operatora poprzez zaświecenie diody LED.

### Układy dopasowujące

Zarówno moduł transceivera, jak i procesor są zasilane stabilizowanym napięciem +3V wytwarzanym przez układ U4. Dla umożliwienia procesorowi współpracy z innymi układami zasilanymi napięciem Uz potrzebne są stopnie dopasowujące poziomy napięć. Służą do tego tranzystory T1, T2 i T3.

### Część odbiorcza

Na rys. 3 przedstawiono schemat części odbiorczej sterującej dołączonymi serwomechanizmami. Niektóre fragmenty tego układu są identyczne jak w części nadawczej układu. Dotyczy to procesora, połączonego z nim modułu transceivera i układu detekcji niskiego poziomu zasilania. Pozostałe obwody związane z tranzystorami



T1-5 pełnią funkcję obwodów wejścia/wyjścia. I tak do złącz JP3 i JP4 dołączane są serwomechanizmy. Do gniazda JP5-1 i 2 doprowadzone zostały wyprowadzenia przełączników włącz/wyłącz. Są one typu otwarty kolektor. Z kolei do JP3-3 dołączone jest wejście włącz/wyłącz odbiornika. Jeżeli zostanie podany na nie poziom wysoki napięcia, odpowiednia dioda sygnalizacyjna nadajnika zostanie zapalona.

Sterowanie serwomechanizmami odbywa się poprzez wygenerowanie co pewien czas dodatniego impulsu. Serwomechanizm obróci się w lewo, jeśli impuls będzie krótszy, a w przeciwną stronę, jeśli się wydłuży. Kąt obrotu zależy od czasu trwania impulsu, a ten z kolei od zakodowanych cyfrowo i przesłanych drogą radiową danych sterujących. Do prób z prototypem użyte zostały serwomechanizmy firmy HITEC HS300 i HS322. Wymagają one pojawiania się impulsów co 20 ms. Skrajnym położeniom serwomechanizmów odpowiadają czasy 0,9 ms i 2,1 ms. Impulsy o czasach zawartych pomiędzy tymi wartościami ustawiają serwomechanizmy w położeniach pośrednich.

### Opis działania zestawu nadajnik-odbiornik

Ponieważ większość spraw związanych z funkcjonowaniem układu została już poruszona podczas omawiania schematów ideowych nadajnika i odbiornika, teraz ograniczę się jedynie do krótkiego opisu współdziałania nadajnika i odbiornika.

Po włączeniu zasilania odbiornik automatycznie ustawia obydwa serwomechanizmy w pozycjach neutralnych, wyjścia włącz/wyłącz są wyłączone, a moduł

i procesor przechodzą w tryb odbioru danych.

Nadajnik po włączeniu odczytuje położenie potencjometrów sterujących, korzystając z przetworników położenia. Następnie odczytywany jest stan przełączników sterujących wyjściami włącz/wyłącz odbiornika i stan przełącznika załączającego kanał zwrotny. Formowane są bajty danych i następuje ich wysyłanie do odbiornika. Jeżeli kanał zwrotny nie jest aktywny, nadajnik po zakończeniu transmisji ponownie sprawdza położenie potencjometrów, przełączników i wykonuje kolejną transmisję w nieprzerwanej pętli odczytów i transmisji.

Jeżeli kanał zwrotny jest włączony po zakończeniu transmisji, nadajnik przechodzi na nasłuch i oczekuje odpowiedzi z odbiornika. Jeżeli odpowiedź nie pojawi się przez ok. 100 ms i fakt ten powtórzy się podczas kolejnych trzech transmisji, nadajnik sygnalizuje brak kanału zwrotnego migotaniem diody dołączonej do JP3-3 i 4. Jeżeli odpowiedź pojawi się, jest ona dekodowana. Zależnie od stanu wejścia włącz/wyłącz odbiornika, dioda dołączona do JP3-1 i 2 jest zapalana lub gaszona. Jednocześnie, jeżeli w informacji przesyłanej kanałem zwrotnym ustawiony zostanie bit niskiego napięcia zasilania odbiornika, dioda dołączona do JP3-3 i 4 będzie się świeciła tak długo, jak długo ten bit będzie aktywny.

Odbiornik po odebraniu transmisji dekoduje dane i zmienia parametry impulsów sterujących serwomechanizmami. Wyjścia włącz/wyłącz ustawiane są w stan zgodny z przesłanymi z nadajnika danymi. Jeżeli w transmisji ustawiony jest bit kanału zwrotnego, odbiornik odczytuje poziom wejścia włącz/wyłącz i poziom swojego napięcia zasilania. Następnie formowany jest bajt odpowiedzi i wysyłany, po czym odbiornik wraca do trybu nasłuchu.

**Ryszard Szymaniak, AVT**  
[ryszard.szymaniak@ep.com.pl](mailto:ryszard.szymaniak@ep.com.pl)

*Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/lipiec03.htm> oraz na płycie CD-EP7/2003B w katalogu PCB.*

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Nadajnik

##### Rezystory

PR1: potencjometr montażowy 10k $\Omega$   
 PR2, PR3: potencjometr montażowy 2,2k $\Omega$   
 R1: 4,7 $\Omega$   
 R2, R3: 22k $\Omega$   
 R4...R9, R12...R14: 10k $\Omega$   
 R10, R11: 470 $\Omega$

##### Kondensatory

CE1: 100 $\mu$ F/16V  
 CE2: 1 $\mu$ F/16V  
 C1, C2: 27pF  
 C3...C10: 100nF

##### Półprzewodniki

U1: zaprogramowany AT90S2313  
 D1: źródło napięcia odniesienia 1,2V LM385  
 U2, U3: LMC555  
 U4: stabilizator 3V (lub dowolny inny w obudowie TO-92A, np. LP2950-3)  
 T1...T3: BC547

##### Różne

X1: kwarc 3,58MHz  
 B1: sygnalizator akustyczny  
 MOD1: CC1000PP - moduł radiowy na pasmo 433MHz  
 Podstawka DIP20  
 Listwy złącza dla modułu 2 x 6 (gold pin)

#### Odbiornik

##### Rezystory

PR1: 10k $\Omega$   
 R1: 20k $\Omega$  SMD1206  
 R2: 4,7 $\Omega$  SMD1206  
 R3, R5: 4,7k $\Omega$  SMD1206  
 R4, R6...R10: 10k $\Omega$  SMD1206  
 R11: 22k $\Omega$  SMD1206

##### Kondensatory

C1, C2: 27pF SMD1206  
 C3...C6: 100nF SMD1206  
 CE1: 100 $\mu$ F/16V  
 CE2: 1 $\mu$ F/16V

##### Półprzewodniki

U2: AT90S2313 zaprogramowany  
 T1...T5: BC848 SMD  
 MOD1: CC1000PP - moduł radiowy na pasmo 433MHz  
 D1L źródło napięcia odniesienia 1,2V LM385  
 U1: stabilizator 3V (lub dowolny inny w obudowie TO-92A, np. LP2950-3)

##### Różne

X1: 3,58MHz  
 Podstawka DIP20  
 Listwy złącza dla modułu 2 x 6 (gold pin)

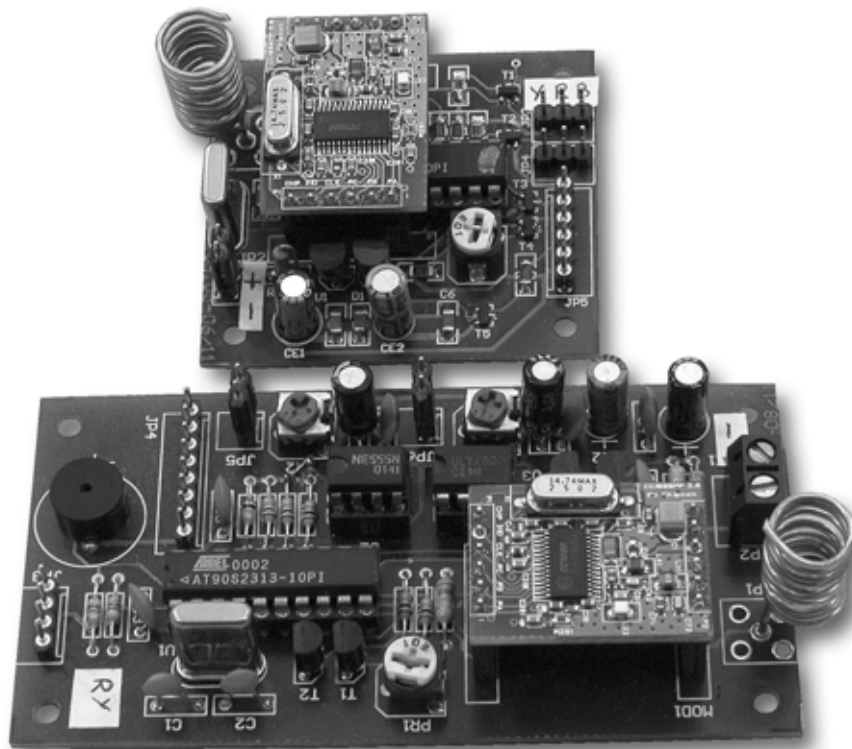
# Radiowy system zdalnego sterowania z kanałem zwrotnym, część 2

## AVT-517



W drugiej części artykułu przedstawiamy protokół bezprzewodowej transmisji danych, montaż układów zdalnego sterowania oraz sposób uruchomienia toru radiowego.

**Rekomendacje:** system bardzo przydatny do dwukierunkowej transmisji danych na relatywnie duże odległości w nielicencjonowanym paśmie 433 MHz. Może spełniać rolę systemu zdalnego sterowania modeli lub medium transmisyjnego w lokalnych systemach telemetrycznych.

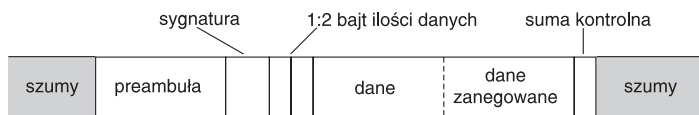


### Format transmitowanych bajtów

Najważniejsze do prawidłowego działania układu jest uniknięcie podczas transmisji błędów i przekłamań wywołanych np. przez zaniki sygnału czy zakłócenia. Służy temu odpowiednio zaprojektowany protokół transmisji i zawarte w nim zabezpieczenia.

Każda transmisja rozpoczyna się wysłaniem 16 bajtów tzw. preambuły (rys. 4). Każdy z bajtów ma wartość 55H, co w rezultacie oznacza wygenerowanie sygnału prostokątnego o poziomie logicznym zmienianym na przeciwny dla każdego kolejnego bitu preambuły. Taki sposób postępowania związany jest z wymaganiami stawianymi przez transceiver CC1000 pracujący w trybie odbiorczym. Preambuła kończy się wysłaniem pierwszego znaku sygnatury, różniącego się wartością od ciągu 55H. W tym przypadku kodem sygnatury będzie

bajt o wartości 10H. Od tego momentu rozpoczyna się transmisja danych oraz dodatkowych bajtów, dzięki którym można po stronie odbiornika sprawdzić poprawność transmisji, a w przypadku błędu odrzucić zniekształcone dane. Najpierw po znaku sygnatury wysyłane są dwa bajty określające liczbę transmitowanych bajtów danych. Bajt drugi jest powtórzeniem pierwszego i jeśli po stronie odbiorczej program mikrokontrolera stwierdzi, że się różnią, cała transmisja zostanie odrzucona jako niepoprawna. Następnie wysyłane są bajty danych. W prezentowanym przykładzie pierwszy bajt zawiera informację o położeniu serwomechanizmu 1, drugi informację o położeniu serwomechanizmu 2, natomiast trzeci jest bajtem statusu. W każdym bajcie wykorzystane są tylko trzy bity. Bity 0 i 1 określają stan przełączników włącz/wyłącz odbiornika, natomiast ustawiony bit



Rys. 4. Format ramki danych przesyłanej każdorazowo

7 oznacza włączony kanał zwrotny i żądanie odpowiedzi od odbiornika po zakończeniu bieżącej transmisji nadajnika. Po nadaniu zasadniczego ciągu danych kolejne bajty danych są powtórzeniem nadanych wcześniej, z tą różnicą że ich wartości są zanegowane (są przesyłane w uzupełnieniu do 1, w dopełnieniu). Jeżeli po stronie odbiorczej zostanie stwierdzona różnica pomiędzy bajtem danych a jego zanegowanym powtórzeniem, bajt zostanie odrzucony jako błędny. Na samym końcu wysyłana jest suma kontrolna transmisji. Suma budowana jest poprzez wykonanie operacji logicznej ExOR kolejnych bajtów od bajtu sygnatury do ostatniego bajtu danych poprzedzającego bajt sumy. Jeżeli po stronie odbiorczej suma obliczona nie będzie zgodna z sumą przesłaną, cała transmisja jako fałszywa zostanie odrzucona. Wszystkie bajty transmitowane są z pierwszym najbardziej znaczącym bitem.

Jeżeli włączony jest kanał zwrotny, odbiornik w odpowiedzi jako bajty danych wysyła tylko bajt statusu wraz z jego negacją. W bajcie tym poziom wysoki bitu 0 oznacza sygnalizację alarmu niskiego poziomu zasilania odbiornika, natomiast bit 1 przekazuje poziom wejścia przełącznika włącz/wyłącz odbiornika. Format pozostałych bajtów transmisji jest identyczny jak w przypadku nadajnika.

## Montaż

Dwustronna płytką drukowaną odbiornika ma wymiary 45 x 50mm (jej schemat montażowy pokazano na rys. 5). Wszystkie elementy odbiornika (łącznie z modułem) znajdują się po jednej stronie, co umożliwia zamocowanie płytki w obudowie. Gniazdo anteny, zależnie od potrzeb, umożliwia jej montaż z obu stron. W celu zmniejszenia wymiarów płytki drukowanej, obudowy oporników, kondensatorów nie-elektrolitycznych i tranzystorów przystosowane są do montażu powierzchniowego i właśnie te ele-

menty jako pierwsze powinny być lutowane. Rozmiar oporników i kondensatorów należy do standardu SMD1206, toteż nie powinno być większych kłopotów z ich montażem, jeżeli ma się do dyspozycji cienką cynę i lutownicę z odpowiednim grotem. Pozostałe elementy są typu przewlekane. Ponieważ demontaż elementu typu SMD jest bardziej pracochłonny niż w przypadku elementów przewlekanych, przed przylutowaniem warto sprawdzić, czy jego wartość jest na pewno zgodna z podaną w spisie elementów.

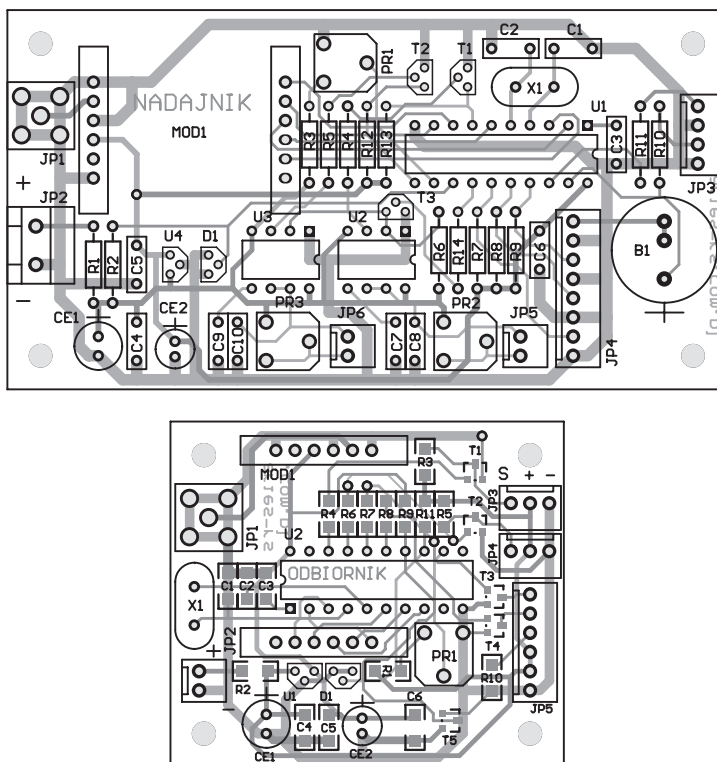
Wyprowadzenia modułu wykonane są w dwóch rzędach po 6 styków. Moduł nie powinien być bezpośrednio lutowany, lecz wkładany do złącz przystosowanych do jego wyprowadzeń, tzw. *gold pin* w rastrze 2,54 mm (0,1 cala).

Pozostałe wyprowadzenia: zasilania, serwomechanizmów, wyjść sterujących, także najlepiej wykonać w postaci rozłączalnych gniazd.

Na płycie nadajnika wszystkie zastosowane elementy są typu

przewlekane. Elementy znajdują się po jednej stronie płytki, dzięki czemu można ją przymocować wewnątrz ewentualnej obudowy. Także tutaj moduł powinien być zamontowany na przystosowanych do tego złączach. Diody sygnalizacyjne i przełączniki sterujące można zamocować na górze obudowy, w której zamontowana będzie płytką nadajnika.

Osobny problem montażowy nastęrczają potencjometry sterujące położeniem serwomechanizmów. Sposób ich zamocowania zależy od zastosowania układu zdalnego sterowania. Jeżeli będzie używany np. do sterowania ruchami miniaturowej głowicy kamery, to wystarczą dwa zwykłe potencjometry z oškami, zamontowane na górnej części obudowy nadajnika. W przypadku sterowania serwomechanizmami modelu pojazdu, najwygodniejsze byłyby drążki sterownicze pracujące w osiach X i Y z wymuszoną pozycją neutralną, gdy operator nimi nie manipuluje. Jeżeli jest taka możliwość, można próbować adaptować stare układy sterowania zabawek. Można także własnoręcznie skonstruować manipulator sterujący, co jednak wymaga wyobraźni i umiejętności.



Rys. 5. Schemat montażowy płytek układów zdalnego sterowania

## Anteny

Otwory pod gniazda antenowe przeznaczone są pod złącza typu SMA dla giętkich, fabrycznych anten dipolowych, jednak najprościej i najtaniej wykonać antenę samemu. Wystarczy do tego kawałek grubego drutu np. miedzianego lub srebrzanki o średnicy nie mniejszej niż 1 mm. Najprostszy w wykonaniu jest dipol ćwierćfalowy. Stanowi go kawałek drutu o długości 16...17 cm włutowany w centralny otwór gniazda antenowego JP1 (rys. 6). Charakterystyka promieniowania takiej anteny jest dookólna i ma niezłe parametry, co sprzyja osiągnięciu większych zasięgów pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem. Zależnie od potrzeb, antenę można włutować zarówno od strony elementowej, jak i po stronie przeciwnej. Jeżeli zależy nam na mniejszych rozmiarach, antenę można wykonać jako skróconą w postaci spirali. Spirala ma 10 zwojów o średnicy 8 mm i długość 20 mm. Zaletą takiej anteny są małe rozmiary, natomiast ma ona gorsze parametry propagacyjne. Można także zastosować wariant mieszany, stosując jeden typ anteny w nadajniku, a inny w odbiorniku i eksperymentalnie ustalić, które rozwiązanie najlepiej nam odpowiada.

Zasięgi opisywanego układu bardzo zależą od otoczenia w jakim pracuje i od zastosowanych anten. Podczas prób w terenie otwartym zasięg dochodził do 150...200 m. W budynku wielokondygnacyjnym można było osiągnąć zasięg ponad 6 pięter.

## Uruchomienie układu

Po zmontowaniu układów nadajnika i odbiornika, przed włożeniem do podstawki procesora a modułu do złącza, warto sprawdzić poprawność montażu, porównując obie płytki ze schematem. Następnie należy dołączyć zasilanie i sprawdzić, czy stabilizatory dostarczają napięcie  $+3\text{ V} \pm 0,25\text{ V}$ . Jeżeli wszystko się zgadza, można przeprowadzić próbę funkcjonalną układu. Do gniazd nadajnika i odbiornika należy włożyć procesory i moduły nadawczo-odbiorcze oraz dołączyć serwomechanizmy, potencjometry sterujące, przełączniki, diody sygnalizacyjne. Następ-

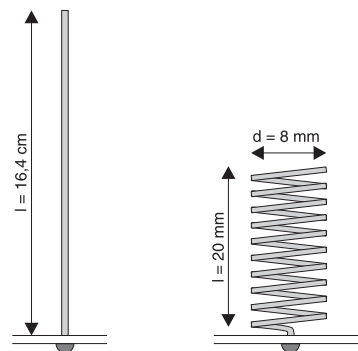
nie należy dołączyć zasilanie do płytki odbiornika. Serwomechanizmy powinny zostać ustawione w położeniu środkowym. Następnie do płytki nadajnika oddalonej o około 50 cm dołączamy zasilanie przy zwartym przełączniku kanału zwrotnego. Przy sprawnie działającym układzie dioda dołączona do złącza JP3-3,4 nadajnika nie powinna migotać, natomiast zmiana położenia potencjometrów powinna wywoływać analogiczny obrót odpowiedniego serwomechanizmu. Jeżeli tak jest, potencjometry regulujące położenie powinny zostać ustawione w położeniu neutralnym. Zmiana wartości PR2 i PR3 powinna doprowadzić do tego, że serwomechanizmy także przyjmą środkowe, neutralne położenie.

Ostatnią czynnością jest regulacja układu detekcji poziomu zasilania. Dla odbiornika regulacja przeprowadzana jest przy włączonym kanale zwrotnym. Do kalibracji układu detekcji trzeba użyć zasilacza o regulowanym napięciu wyjściowym. Na wyjściu zasilacza dołączonego do odbiornika należy ustawić napięcie, przy którym powinna włączać się sygnalizacja, np. 4 V. Następnie używając potencjometru PR1 odbiornika, należy doprowadzić do sytuacji, aby dioda sygnalizacyjna w nadajniku zaświeciła się. Po zwiększeniu poziomu zasilania odbiornika do nominalnego (np. +5V) dioda powinna zgasnąć. Po wyłączeniu kanału zwrotnego można podobną regulację przeprowadzić dla nadajnika.

## Problemy z uruchomieniem i działaniem urządzenia

Podczas pracy układ prototypowy zachowywał się stabilnie, jednak w przypadku odbiornika niekorzystne są zbyt długie przewody zasilające. Jeżeli układ będzie narażony na duży poziom zewnętrznych zakłóceń, można zablokować zasilanie dodatkowymi kondensatorami 100 nF i elektrolitycznym 22  $\mu\text{F}$ , lutowanymi na wtyku przy gnieździe zasilania JP2.

Jeżeli pojawią się kłopoty z uruchomieniem układu, należy sprawdzić, czy procesory i moduły są prawidłowo osadzone w gniazdach. Na płytce modułu



Rys. 6. Sposób wykonania i wymiary dwóch typów anten

styki oznaczone jako P1 wyprowadzają sygnały sterujące PALE, PDATA itd. i powinny łączyć się z odpowiednimi portami procesora. Wizualnie kwarc modułu powinien znaleźć się w pobliżu gniazda antenowego na płytce odbiornika, natomiast na płytce nadajnika powinien być zwrócony w stronę stabilizatora +3 V.

Może się zdarzyć, że na skutek nieprawidłowego zerowania po włączeniu zasilania, procesor odbiornika nie będzie właściwie funkcjonował. W takim przypadku należy wyłączyć zasilanie, odczekać kilka sekund, a po jego ponownym załączeniu sprawdzić, czy serwomechanizmy automatycznie ustawiają się w pozycji neutralnej. Brak impulsów sterujących serwomechanizmami na wyprowadzeniach U2-17, 18 świadczy o nieprawidłowej pracy procesora (patrz opis części odbiorczej).

W przypadku nadajnika należy sprawdzić, czy na wejścia TRIG układów U2 i U3 podawany jest impuls wyzwalający trwający ok. 500  $\mu\text{s}$ , a na wyjściach Q układów pojawiają się dodatnie impulsy 0,9...2,1 ms o czasie trwania regulowanym przez położenie potencjometrów sterujących. Podczas normalnej pracy, na wszystkich wyprowadzeniach modułu: PALE, PDATA, PCLK, DCLK, DIO powinny pojawiać się impulsy transmisji pomiędzy modułem a mikrokontrolerem U2.

**Ryszard Szymaniak, AVT**  
[ryszard.szymaniak@ep.com.pl](mailto:ryszard.szymaniak@ep.com.pl)

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/sierpien03.htm> oraz na płycie CD-EP8/2003B w katalogu PCB.