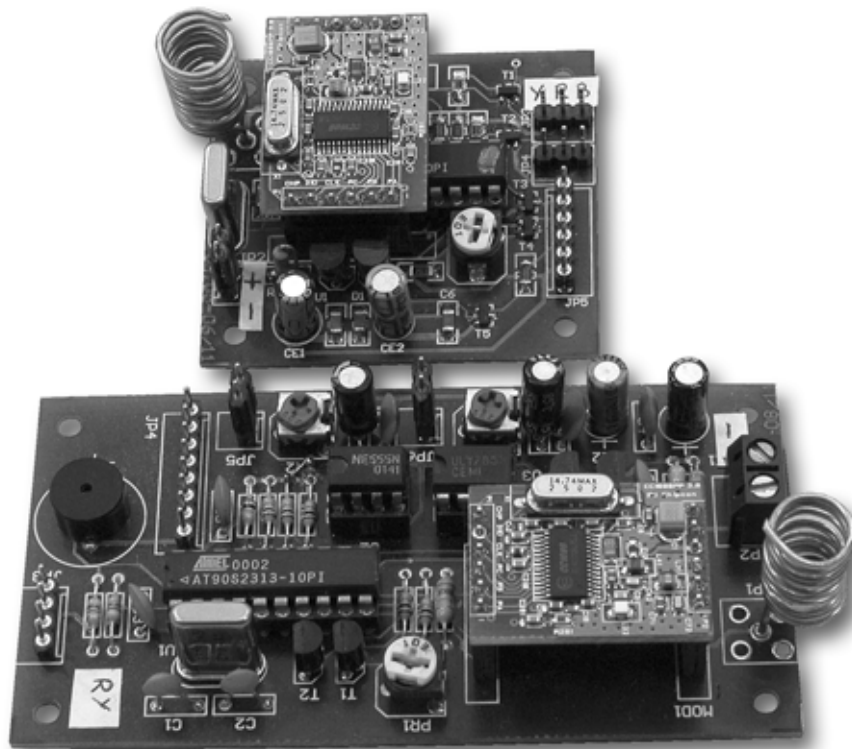


Radiowy system zdalnego sterowania z kanałem zwrotnym, część 2

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.



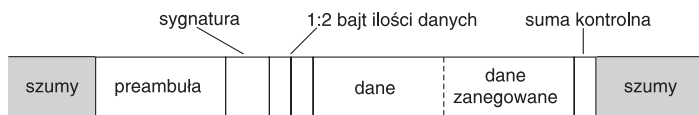
Format transmitowanych bajtów

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.

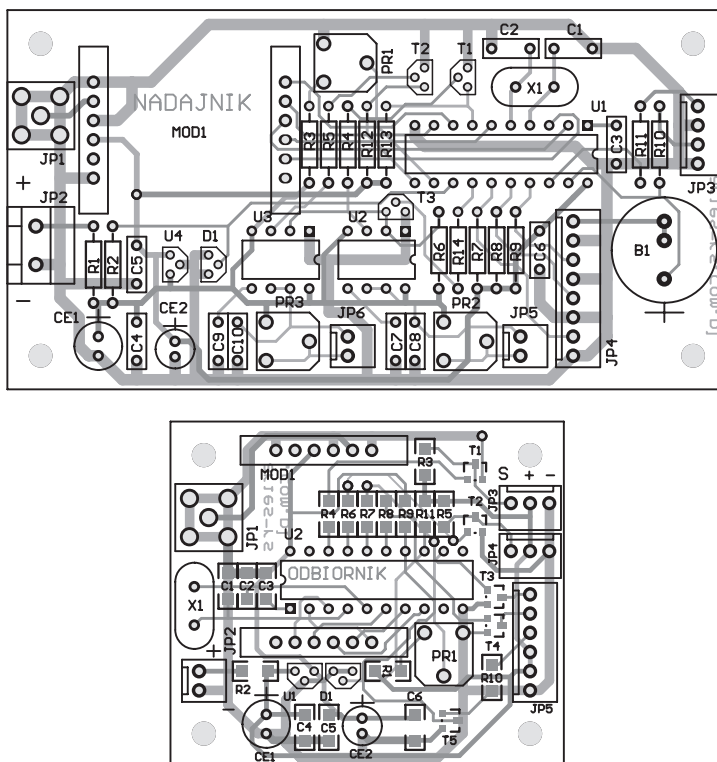
Wyprowadzenia modułu wykonane są w dwóch rzędach po 6 styków. Moduł nie powinien być bezpośrednio lutowany, lecz wkładany do złącz przystosowanych do jego wyprowadzeń, tzw. *gold pin* w rastrze 2,54 mm (0,1 cala).

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. Następnie

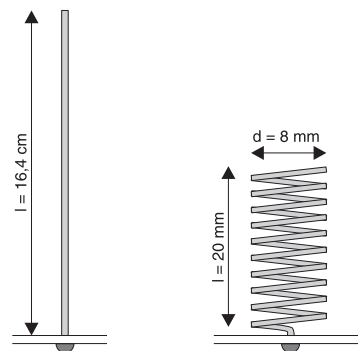
nie należy dołączyć zasilanie do płytki odbiornika. Serwomechanizmy powinny zostać ustawione w położeniu środkowym. Następnie do płytki nadajnika oddalonej o około 50 cm dołączamy zasilanie przy zwartym przełączniku kanału zwrotnego. Przy sprawnie działającym układzie dioda dołączona do złącza JP3-3,4 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 μF , 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 μs , 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

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.