

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie**, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Aparatura zdalnego sterowania na pasmo 433 MHz, część 2

Czy jest wśród męskiej części elektroników ktoś taki, kto w młodości nie chciał być strażakiem, policjantem, albo lotnikiem? Choć w miarę upływu czasu nasze plany zawodowe najczęściej ulegają weryfikacji, to zawsze gdzieś tam w głębi nas tkwią te dziecinne marzenia. Nie duśmy więc ich w sobie. Każdy z nas może zostać pilotem czy kierowcą wyścigowego bolidu. Emocje będą podobne, no może tylko bez odczuwania ogromnych przeciążeń. Do realizacji tego niezbędny jest stosowny model i aparatura zdalnego sterowania.

Projekt 148

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Częstotliwość pracy: 433,92 MHz
- Moc nadajnika: 10 mW
- Czulość odbiornika: 2 μ V
- Zasięg maksymalny: ok. 300 m
- Liczba kanałów: 4 lub 7
- Pobór prądu nadajnika: 35 mA
- Pobór prądu odbiornika: 20 mA (bez dodatkowych urządzeń)

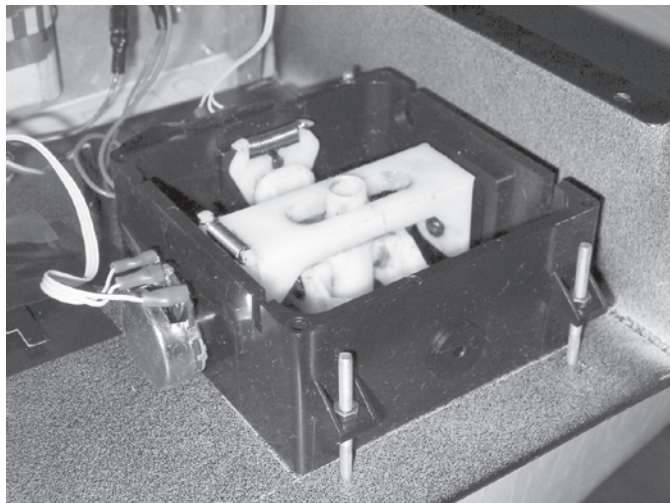
Montaż i uruchomienie

Manipulatory nadajnika zostały wymontowane z dwu najtańszych dżojstików do komputera PC. Jak widać na **fot. 4**, mechanika manipulatorów dała się łatwo oddzielić i wmontować w nadajnik. Należało tylko zmienić sprężyny powrotne, ustawiające drażki w pozycjach środkowych, na nieco słabsze.

Antena (**fot. 5**) jest połączona z nadajnikiem odcinkiem przewodu koncentrycznego (50 Ω). Jest ona wykonana w postaci dipola półfalowego zasilanego w środku. Jedno ramię jest połączone z żyłą środkową, a drugie z oplotem kabla.

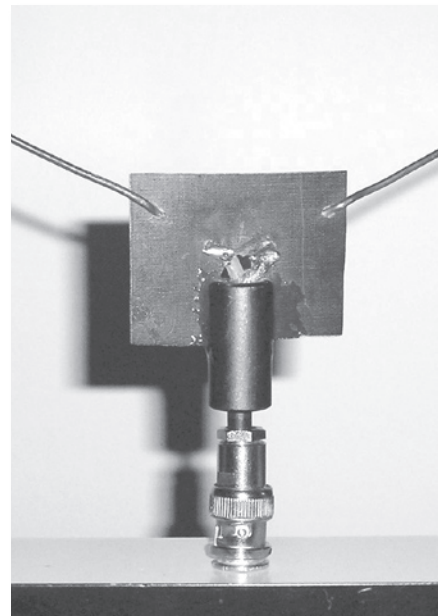
Ramiona wykonane są z drutu miedzianego ϕ 1,5 mm, są rozwarte pod kątem około 120 stopni. Długość każdego ramienia (pomiędzy punktem rozejścia żyły i oplotu, a końcem ramienia) wynosi około 140...170 mm (dobierane w czasie strojenia). Na koncentryk u nasady ramion anteny nałożono rurkę ferrytową (przeciwzakłóceniovą), teoretycznie działa ona jak symetryzator. Niemniej jednak należy traktować jego działanie jako dość wątpliwe, gdyż jest to ferryt o nieznanym parametrach w.cz. Antena pozbawiona symetryzatora działa również dobrze.

Elementy anteny są mocowane na płytce izolacyjnej o wymiarach około 40x50 mm. Ponadto zastosowano dobrej jakości złącze BNC do łatwego odłączania anteny od nadajnika. Alternatywnie do dipola półfalowego, można zastosować zwykły pręt ćwierćfalowy – zwłaszcza, że

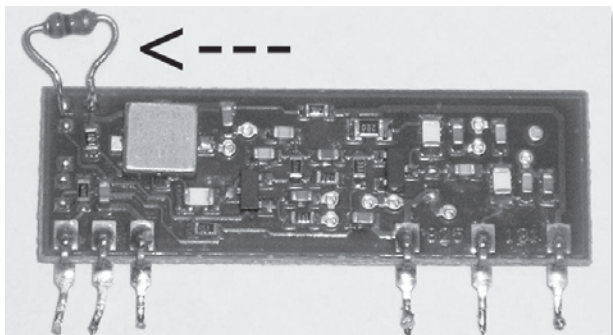


Fot. 4. Mechanika manipulatorów

obudowa jest metalowa i stanowi dobrą przeciwwagę. Można go wykonać jako odcinek drutu (długości ok. 160 mm) przylutowany bezpośrednio do wtyczki BNC. Jednak prosta antena prętowa ma pewną wadę: najślabiej promieniuje w swojej osi, czyli na wprost. Jeśli zdecydujemy się na taką antenę, dla uniknięcia zaników transmisji należy zawsze ustawiać



Fot. 5. Widok anteny nadajnika

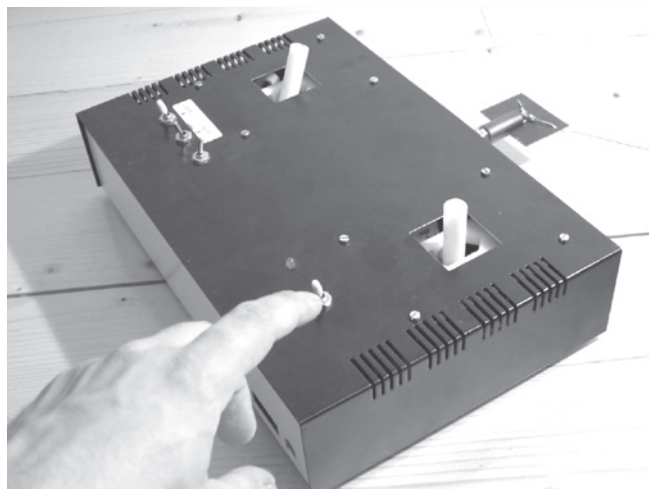


Fot. 6. Sposób wlotowania rezystora 47 kΩ włączającego na stałe generator nadajnika

się pod pewnym kątem do modelu. Dipol ustawiony poprzecznie nie ma tej wady – najsilniej promieniuje na wprost.

Jak wspomniano, nadajnik BT27 odznacza się nienajlepszą prędkością transmisji. Dzieje się tak dlatego, że sygnał modulujący w stanie niskim wyłącza zarówno generator jak i wzmacniacz wyjściowy nadajnika. Czas ponownego wzbudzenia się generatora jest na tyle długi, że ogranicza to prędkość transmisji. Można temu łatwo zaradzić, włączając generator na stałe. Modulacja odbywa się wtedy tylko poprzez kluczowanie stopnia wyjściowego nadajnika, co jest w zupełności wystarczające. W tym celu należy wlotować dodatkowy rezystor o wartości 47 kΩ, tak jak pokazano na fot. 6. Zastosowano zwykły rezystor 0,125 W, oczywiście można wlotować rezystor SMD.

Przy włączaniu zasilania, przełączniki DUAL, TRIM i SAVE powinny być rozwarte (stan normalny). Po włączeniu, dioda LED powinna „mrugać” w dość szybkim tempie, co świadczy o poprawnej pracy układu. Jeśli tak się nie dzieje, należy skontrolować



Fot. 7. Widok obudowy nadajnika

napięcie na kondensatorze C8. Powinno się mieścić w przedziale 3...3,5 V. Jest to szczególnie istotne jeśli zostaną zastosowane potencjometry o innej wartości rezystancji niż w układzie modelowym. Korekty dokonuje się dobierając wartość rezystora R9.

Dalsza regulacja nadajnika polega na modyfikacjach długości ramion anteny i ewentualnie kąta jej rozwarcia, w celu uzyskania jak najlepszego zasięgu. Zmiany długości ramion nie powinny raczej przekroczyć podanego zakresu. W prototypie najlepszy sygnał uzyskałem przy 155 mm długości. Regulację najprościej wykonać, używając do tego celu odbiornika z dołączoną diodą sygnalizacyjną LED (patrz opis regulacji odbiornika), ale bez anteny. Dzięki temu, odległość na której odbiór zanika będzie wynosiła kilka-kilkanaście metrów.

Do zasilania nadajnika modelowego służy pakiet dwucelowy typu Lilon o pojemności 1800 mAh. Można zastosować dowolny pakiet akumulatorów NiCd, NiMH lub baterii o napięciu od 7 do 12 V. Nadajnik prototypowy zamknięto w obudowie metalowej (fot. 7). Taka obudowa jest dobrą przeciwwagą dla anteny oraz ekranuje układ nadajnika od możliwego, zakłócającego wpływu emitowanego pola EM.

Do uruchomieniu odbiornika będzie przydatny sygnalizator z diody świecącej D1 i rezystora R8. Sygnalizator podłączamy do wyjścia LED odbiornika. Po włączeniu zasilania odbiornik powinien od razu podawać na wyjścia kanałów 2...7 sygnał o wartości średniej (impulsy długości 1,5 ms). Podłączone serwomechanizmy powinny ustawiać się w pozycji środkowej. Na kanał nr 1 (przeznaczony do sterowania silnikiem) jest wysyłana wartość minimalna (impuls 1 ms lub PWM=0%), co

oznacza wyłączenie silnika. Dioda LED powinna być wygaszona. Następnie włączamy nadajnik (w trybie normalnej pracy). Odbiornik powinien natychmiast zacząć sygnalizować odbiór szybkim mrużeniem diody LED, a sygnały wyjściowe kanałów powin-

WYKAZ ELEMENTÓW

nadajnik

Rezystory

R1...R7, R10...R12: 10 kΩ

R8, R10: 2,2 kΩ

R9, R13, R16: 1 kΩ

R14: 100 kΩ

R15: 330 Ω

R17: 47 kΩ

PR1...RP7: 130 kΩ (potencjometr, kąt pracy ok. 60°)

Kondensatory

C1...C8, C11, C12, C16, C17: 330 nF

C9, C10, C15, C21: 4,7 nF

C13, C14: 33 pF

C18: 220 μF/16 V

C19, C20: 100 nF

Półprzewodniki

T1: BC413 (237, 550, itp. NPN)

T2: BC308 (560, itp. PNP)

U1: AT89C2051

U2: HC4051

U3: PCF8582

U4: LM2940

Inne

X1: rezonator kwarcowy 12 MHz

Moduł nadajnika BT27

Odbiornik

Rezystory

MR1: 8x10 kΩ

R1, R4, R5: 10 kΩ

R2: 15 kΩ

R3: 33 Ω

R6: 100 kΩ

R7, R9: 330 Ω

R8: 1 kΩ

Kondensatory

C1: 10 μF/16 V

C2, C4: 330 nF

C3: 220 μF/16 V

C5: 100 nF

C6, C7: 10 nF

C10: 1 nF

C11, C12: 33 pF

Półprzewodniki

D1: LED (dowolna)

U1: AT89C2051

U2: LM2940 (z niewielkim radiatorem np. typu U)

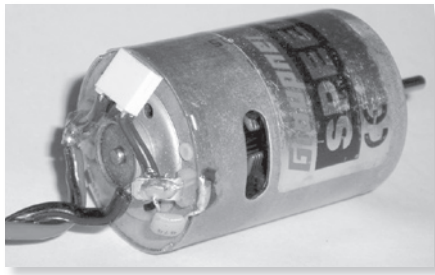
Inne

Dł1: 15 zw. na rdzeniu ferrytowym φ3 mm

Dł2: 10 μH

X1: 12 MHz

Moduł odbiornika BR27



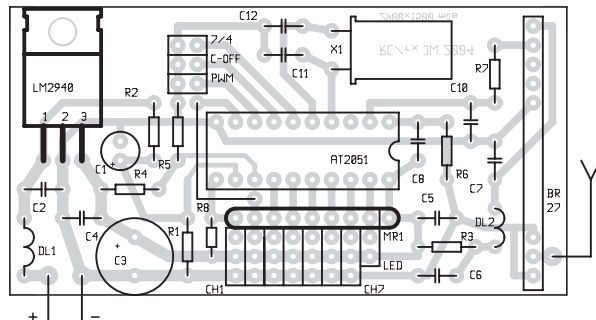
Fot. 8. Kondensatory przeciwzakłócenie lutowane bezpośrednio przy silniku

ny zacząć odzwierciedlać sterowanie. Podłączone serwa powinny nadążać za położeniem potencjometrów w nadajniku.

Skontrolowania i regulacji może wymagać napięcie odcięcia „cut off”. Napięcie to wynosi około 5,8 V i jest tak dobrane, aby zabezpieczyć przed całkowitym rozładowaniem pakiet złożony z 7 akumulatorów NiCd lub NiMH lub pakiet z dwóch cel typu LiIon, LiPol. Aby skontrolować działanie odcięcia, należy zasilić odbiornik z regulowanego zasilacza, włączyć nadajnik i obserwować kanał 1 odbiornika – najprościej, mierząc napięcie wyjściowe w trybie PWM. Napięcie powinno być proporcjonalne do sterowania. Natomiast po zmniejszeniu napięcia zasilania poniżej progu, powinno natychmiast opadać do 0 V. Jeśli planujemy zastosować pakiety o innej liczbie ogniw niż podane wyżej, należy zmodyfikować napięcie odcięcia. Zaleca się, aby nie było niższe niż 0,8 V na celę dla akumulatorów NiCd lub NiMH oraz 2,5...3 V dla cel litowo-jonowych. Korekt dokonujemy poprzez dobór wartości R1 lub R2. Nie należy ustawiać progu poniżej 5,5 V, ponieważ stabilizator pracuje poprawnie dopiero od tej wartości.

Dla osiągnięcia maksymalnego zasięgu należy dobrać optymalną długość anteny odbiorczej, wykonanej z cienkiej linki miedzianej. W czasie prób odbiornik powinien być umieszczony w docelowej pozycji w modelu. Antena początkowo powinna mieć długość około 75 cm. Z tak przygotowanym modelem oddalaliśmy się od pracującego nadajnika na odległość, w której dioda LED zaczyna wykazywać zanik transmisji (przerwywany, nieregularny rytm pracy). Wtedy należy stopniowo skracać antenę – po 2...3 cm – aż do uzyskania lepszego odbioru. W razie „przedobrzeń” można ew. stosować sztukowanie. Antena w odbiorniku modelowym zapewniała najlepszy zasięg przy długości około 60 cm. Należy podkreślić, że w czasie strojenia, antena nie powinna być ułożona na ziemi, w pobliżu metalowych przedmiotów, czy bardzo blisko rąk regulującego. W takich warunkach test będzie niemiarodajny.

Klucz sterujący silnikiem (rys. 3) jest wykonany na tranzystorze MOSFET typu MTP75N03, sterowanym przez wyjście kanału 1 odbiornika w trybie PWM. Może on wysterować silnik prądem do ok. 10 A, bez nadmiernego rozgrzania się, nawet bez radiatora. Można zastosować również tranzystory IRL2203, IRL3803 lub inne FET-y mocy, dostosowane do sterowania bramki poziomami logicznymi (+5 V) i o rezystancji kanału rzędu pojedynczych miliomów. Jeśli aparatura będzie używana do sterowania silnikiem elektrycznym, ważne



Rys. 10. Płytką drukowaną odbiornika

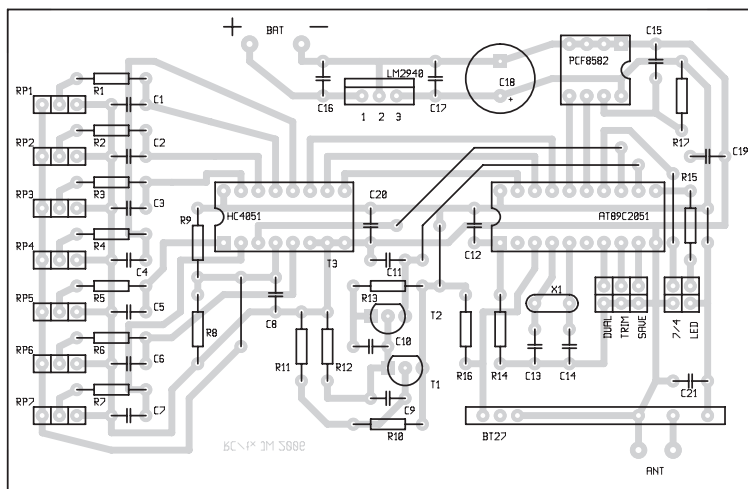
jest prawidłowe odklócenie. Należy zastosować kondensatory o wartości około 100...220 nF lutowane bezpośrednio między wyprowadzeniami silnika oraz między każdym z nich, a metalową obudową, jak to pokazano na fot. 8. Dodatkową ochronę przeciw przenikaniu zakłóceń do odbiornika po zasilaniu zapewniają dławiki DL1, DL2 oraz kondensatory blokujące C2...C7.

Płytki drukowane nadajnika i odbiornika oraz rozmieszczenie elementów pokazano na rys. 9 i 10. Zamiast użytych w rozwiązaniu modelowym modułów BT27/BR27, można zastosować ich funkcjonalne odpowiedniki, np. dość popularne moduły RTQ1/RRQ1 firmy Telecontrolli. Wymaga to nieznacznego przeprojektowania płytek nadajnika i odbiornika. Odbiornik i antena powinien być zamontowany w modelu możliwie daleko od źródeł zakłóceń, czyli silników i serwomechanizmów. Należy unikać prowadzenia anteny w bezpośredniej bliskości przewodów i innych elementów metalowych.

Użytkowanie – zasady bezpieczeństwa

Jeśli w miejscu, w którym będziemy chcieli używać opisanej aparatury spotkamy innych modelarzy, zgodnie z dobrym zwyczajem należy poinformować ich, jakiego rodzaju jest nasza aparatura oraz dla sprawdzić, czy nie spowoduje ona zakłóceń w ich modelach. Co prawda szansa takiego pechowego zdarzenia jest znikoma, lecz lepiej sprawdzić to zczasu, niż później spotkać się z zarzutem spowodowania kraksy, często bardzo kosztownych modeli. Pamiętajmy, że modelarze są bardzo wyczuleni na przestrzeganie pewnych reguł (np. uzgadnianie używanych kanałów), z drugiej strony są to ludzie bardzo otwarci i uczynni o czym autor miał okazję niejednokrotnie się przekonać.

Jakub Witkowski



Rys. 9. Płytką drukowaną nadajnika