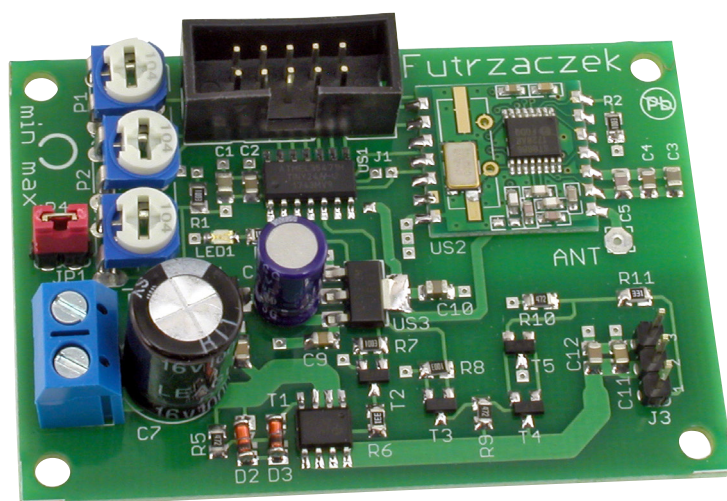
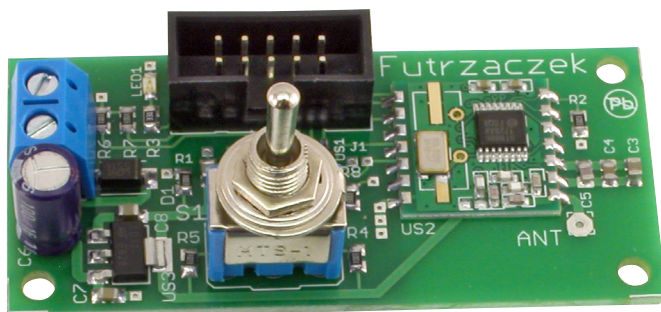


Radiowy sterownik serwomechanizmów

Servomechanizmy mogą ustawić oś w ściśle określonym położeniu. Prezentowany układ, umożliwia wybranie jednego z trzech wcześniej ustalonych wychyleń za pomocą przełącznika. Jednak informacja o ustawieniu jest przesyłana drogą radiową, od nadajnika z przełącznikiem do odbiornika połączonych z serwow. Urządzenie można zastosować np. do zamykania, uchylania i pełnego otwierania wywietrznika.



Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5731

Podstawowe parametry:

- ustawianie osi serwomechanizmu za pomocą potencjometrów,
- wybór jednego z trzech położań za pomocą przełącznika,
- częstotliwość toru radiowego: 868 MHz,
- możliwość wyłączenia zasilania serwomechanizmu,
- zasilanie stałym napięciem 5...15 V,
- pobór prądu nadajnika ok. 30 mA; odbiornika: ok. 30 mA (nie licząc prądu pobieranego przez serwomechanizm).

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-5720	Radiowy przedłużacz DS18B20 (EP 10/2019)
AVT-5630	Bezprzewodowy przedłużacz sygnalizatora (EP 7/2018)
AVT-5590	Zdalny włącznik radiowy (EP 6/2017)
AVT-1838	Uniwersalny przedłużacz pilotów RTV (EP 1/2015)
AVT-5455	Zdalny włącznik dwukanałowy (EP 6/2014)
AVT-5407	Włącznik sterowany radiowo (EP 8/2013)
AVT-1632	Tester serwomechanizmów modelarskich (EP 8/2011)
AVT-5290	3-kanalowa aparatura do zdalnego sterowania modeli (EP 5/2011)
AVT-1605	Dwustanowy sterownik serwomechanizmu (EP 2/2011)
AVT-1570	Spowalnicznik serwomechanizmu (EP 5/2010)
AVT-1520	Zdalny włącznik radiowy (EP 4/2009)
AVT-2851	Zdalne sterowanie (nie tylko) RC5 (Edw 1/2008)
AVT-390	8-kanalowy przełącznik sterowany pilotem RC5/SIRC (EP 4/2006)
AVT-559	Radiowy przedłużacz pilotów (EP 2-3/2004)
AVT-517	Radiowy system zdalnego sterowania z kanałem zwrotnym (EP 7-8/2003)

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] - jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wstawić w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] - zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wstawiane w płytkę PCB)
 - wersja [A] - płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
 - wersja [A+] - płytkę drukowaną z elementami i dokumentacją, która jest podlinkowana w opisie kitu.
 - wersja [A*] - płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] - zaprogramowany układ
- Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
- <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Układ składa się z dwóch modułów: nadajnika i odbiornika. Nadajnik posiada trójpoziomy przełącznik oraz transceiver, który wysyła informację o położeniu przełącznika. Odbiornik posiada taki sam transceiver, który odbiera sygnał, dekoduje go i seruje serwomechanizmem. Ustawienie osi serwomechanizmu ustalają potencjometry montażowe, umieszczone na płytce odbiornika. Za pomocą przełącznika wybierany jest potencjometr, który odpowiada za położenie osi serwomechanizmu w danej chwili.

Budowa i działanie

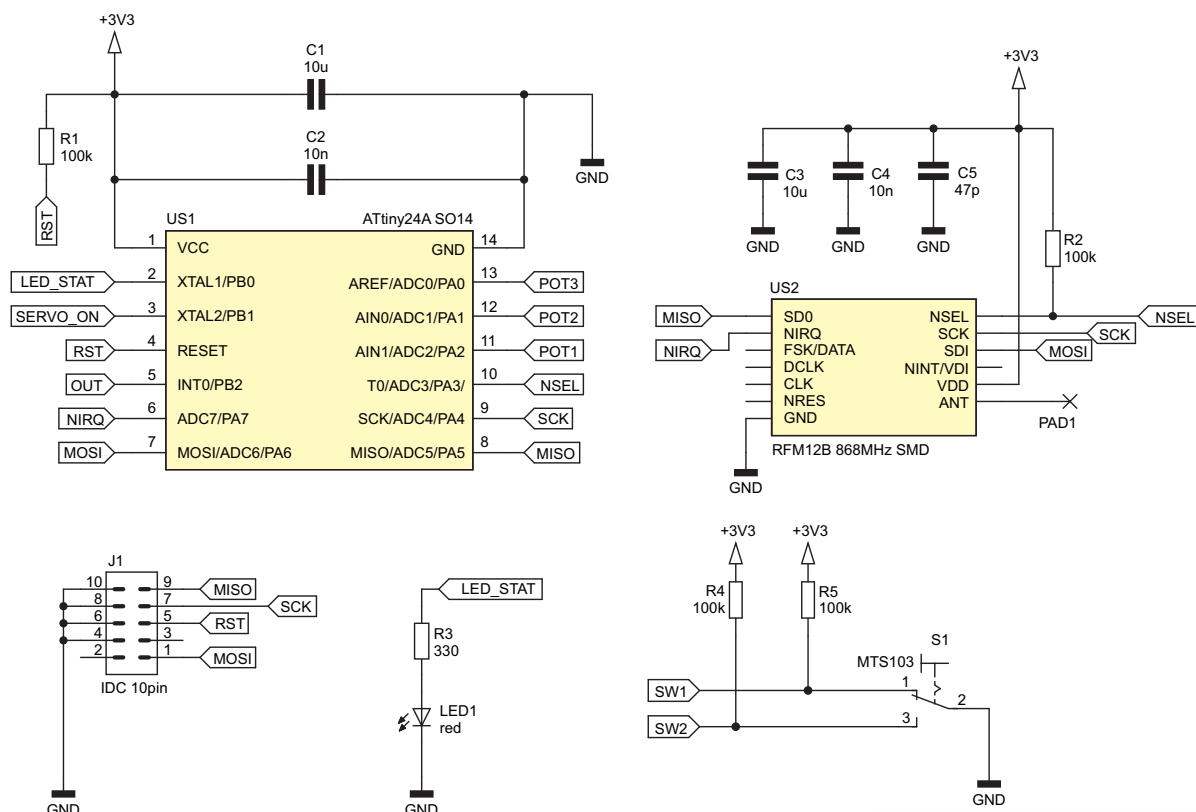
Schemat ideowy układu nadajnika pokazano na **rysunku 1**. Jako transceiver zastosowano gotowy moduł typu RFM12B firmy HopeRF, który pracuje w nielencjonowanym paśmie 868 MHz. Nie posiada wbudowanej anteny, należy dołączyć zewnętrzną, np. w postaci odcinka przewodu. Dane oraz parametry pracy modułu radiowego przesyłane są interfejsem ISP.

Pracę toru radiowego zarządza niewielki i tani mikrokontroler typu Attiny24A. Źródłem zegara taktującego dla mikrokontrolera jest jego wewnętrzny oscylator RC,

o nominalnej częstotliwości pracy 8 MHz (po wyłączeniu preskalera). Układ nie wykonuje żadnych zadań krytycznych czasowo, wobec czego stabilizacja tej częstotliwości przy użyciu rezonatora kwarcowego jest zbędna. O stanie układu sygnalizuje mała dioda LED, jej każdorazowy błysk oznacza nadanie odpowiednio zakodowanej informacji o położeniu przełącznika.

Przełącznik dźwigniowy typu MTS103 posiada trzy pozycje stabilne: dwie skrajne, kiedy styk wspólny jest zwarty z jednym ze styków skrajnych oraz trzecią, kiedy dźwignia znajduje się w środkowym położeniu i obie pary styków są rozwarne. Wykrycie przez mikrokontroler zwartej pary styków polega na sprawdzeniu stanów logicznych na liniach SW1 i SW2. Stan wysoki po rozwarciu zapewniają rezystory R4 i R5.

Wszystkie podzespoły zasilane są napięciem stałym o wartości 3,3 V, dostarczany ze stabilizatora liniowego typu LD1117AS33TR, typu LDO. Minimalne napięcie wejściowe wynosi ok. 4,4 V (*dropout* wynosi około 1,1 V), co w połączeniu ze spadkiem na diodzie Schottky'ego, determinuje minimalne napięcie zasilające na poziomie



Rysunek 1. Schemat ideowy układu nadajnika

5 V. Maksymalne napięcie zostało określone przez producenta stabilizatora i wynosi 15 V.

Na płytce umieszczono złącze IDC do programowania mikrokontrolera, w którym styki są ułożone zgodnie ze standardem KANDA ISP. Programowanie odbywa się przy użyciu tych samych wyprowadzeń, co komunikacja z modulem radiowym. Aby nie dochodziło do konfliktów, trzeba zablokować interfejs SPI w module radiowym. Służy do tego rezystor R2, który podciąga wyprowadzenie NSEL do stanu wysokiego. Mikrokontroler, w czasie prawidłowej pracy, nadaje temu wyprowadzeniu stan niski, co aktywuje układ RFM12B.

Trzy wyprowadzenia mikrokontrolera nie są używane. Zostały spolaryzowane potencjałem masy za pomocą rezystorów R6...R8, aby nie gromadziły się na nich ładunki elektrostatyczne.

Odbiornik jest bardziej złożony, a jego schemat pokazuje **rysunek 2**. Użyty w nim moduł radiowy oraz mikrokontroler są takie same jak w nadajniku, zatem ten fragment układu jest niemal identyczny. Również stabilizator napięcia 3,3 V nie uległ zmianie. Ustalenie pozycji serwomechanizmu odbywa się za pomocą potencjometrów montażowych POT1...POT3. Pierwsze dwa zostały dołączone bezpośrednio między linię zasilającą a masę, więc potencjał ich ślizgacza może zmieniać się w pełnym zakresie. Ścieżka oporowa potencjometru POT3 została wpięta szeregowo z rezystorem R4, więc minimalny potencjał na jego ślizgaczu wynosi ok. 0,15 V. Takie rozwiązanie służy do wykrywania czy w pozycji neutralnej przełącznika zasilanie serwomechanizmu będzie wyłączone

(zworka JP1 zdjęta) czy załączone, a kąt jego wychylenia zgodny z tym, który został zadany potencjometrem POT3 (zworka JP1 nałożona).

Pomiar napięć odbywa się przy użyciu wbudowanego w mikrokontroler przetwornika analogowo-cyfrowego, którego napięciem referencyjnym jest napięcie zasilające układ. Wynikiem przetwarzania napięcia z potencjometrów POT1 i POT2 jest liczba z zakresu 0...1023. W przypadku potencjometru POT3, przetwornik wskaże 0, jeżeli zworka jest zdjęta lub 46...1023 po jej zwarcie. Te wartości są przeskalowywane na czas trwania impulsu sterującego serwomechanizmem.

Zasilanie serwomechanizmu jest odcinane przy użyciu tranzystora MOSFET P typu AO4407. Został włączony w konfiguracji wspólnego źródła, a obciążenie w postaci serwomechanizmu jest podłączone od strony drenu. Dużą zaletą tego tranzystora jest niska rezystancja otwartego kanału, ponieważ nie przekracza 30 mΩ przy UGS=-5 V. Maksymalny prąd pobierany przez serwomechanizm zależy wyłącznie od wytrzymałości tranzystora (ok. 6,3 A – przyjmując maksymalną moc traconą na poziomie 1,2 W) oraz ścieżek na płytce. Otwarcie tranzystora jest możliwe po obniżeniu potencjału bramki poniżej potencjału źródła, co umożliwia tranzystor T2. Diody Zenera D2 i D3 chronią izolator podbramkowy tranzystora T1 przed przebiegiem w wypadku przekroczenia maksymalnego napięcia bramka-źródło, a rezystor R6 ogranicza ich prąd. Rezystor R5 rozładowuje pojemność bramka-źródło

Wykaz elementów:

Nadajnik

Rezystory:

R1, R2, R4...R8: 100 kΩ SMD0805
R3: 330 Ω SMD0805

Kondensatory:

C1, C3, C8: 10 μF/16 V SMD0805
C2, C4: 10 nF SMD0805
C5: 47 pF SMD0805
C6: 100 μF/25 V THT
C7: 100 nF SMD0805

Półprzewodniki:

D1: SS14
LED1: czerwona SMD0805
US1: Attiny24A S014
US2: RFM12B 868 MHz SMD
US3: LD1117AS33TR SOT223

Inne:

J1: IDC 10pin THT męski 2,54 mm
J2: ARK2 5 mm
S1: MTS103
Odcinek przewodu na antenę (opis w tekście)

Odbiornik

Rezystory:

R1, R2, R7, R8: 100 kΩ SMD0805
R3, R6, R11: 330 Ω SMD0805
R4, R5, R9, R10: 4,7 kΩ SMD0805
P1...P3: 100 kΩ montażowe leżące

Kondensatory:

C1, C3, C10, C12: 10 μF/16 V SMD0805
C2, C4: 10 nF SMD0805
C5: 47 pF SMD0805
C6, C9, C11: 100 nF SMD0805
C7: 1000 μF/16 V THT raster 5 mm
C8: 100 μF/25 V THT

Półprzewodniki:

D1: SS14
D2, D3: Zener 12 V 0,4 W MiniMELF
LED1: czerwona SMD0805
T1: AO4407 S08
T2, T3: BSS123 SOT23
T4: BC847 lub podobny
T5: BC857 lub podobny
US1: Attiny24A S014
US2: RFM12B 868 MHz SMD
US3: LD1117AS33TR SOT223

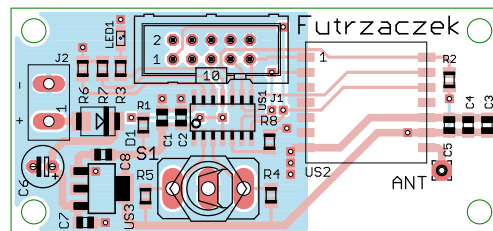
Inne:

J1: IDC 10 pin THT męski 2,54 mm
J2: ARK2 5 mm
J3: goldpin 3pin męski 2,54 mm THT
JP1: goldpin 2pin męski 2,54 mm THT + zworka
Odcinek przewodu na antenę (opis w tekście)

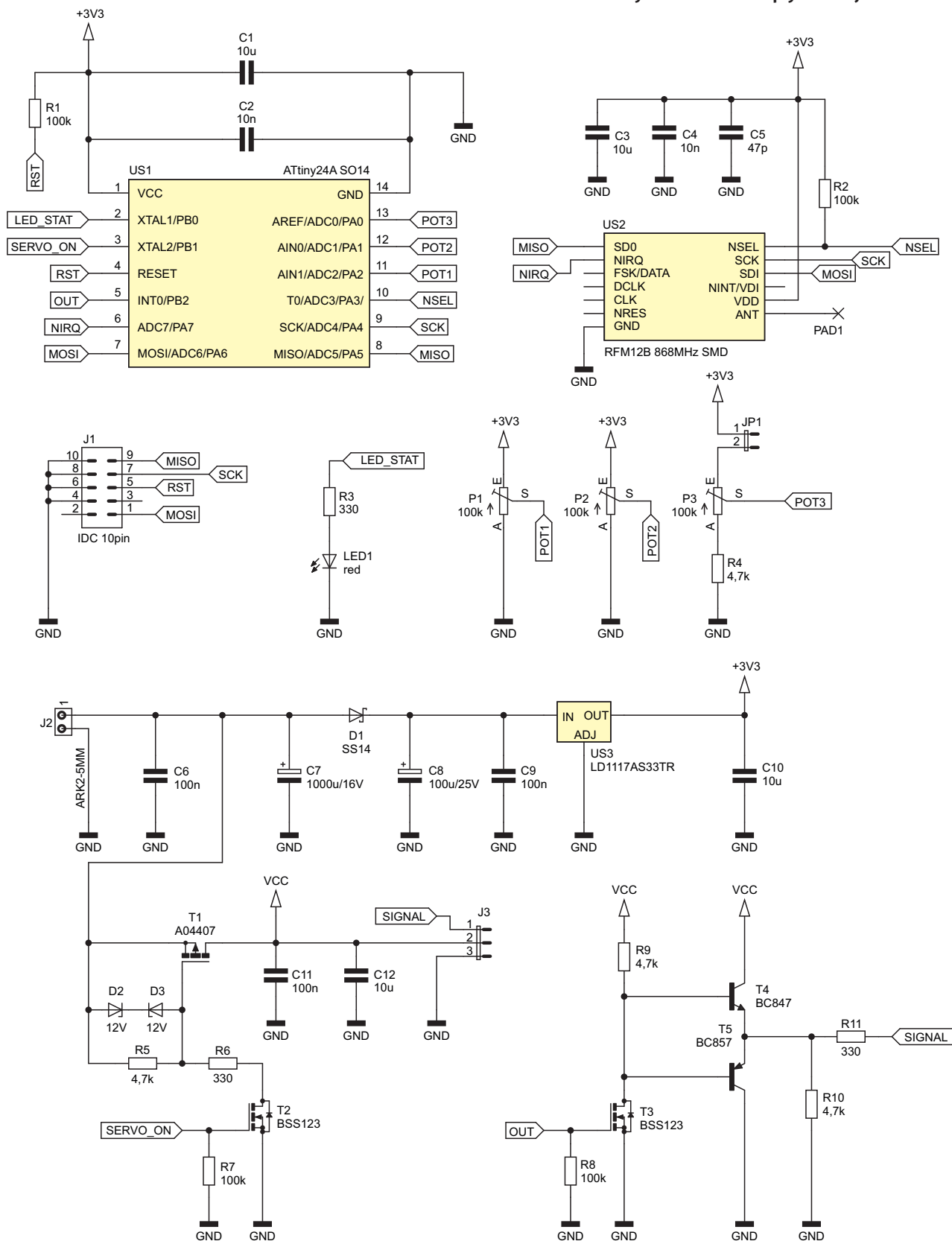
po zatkaniu tranzystora T2. Kondensatory C11 i C12 obniżają impedancję wewnętrzną takiego źródła zasilania (napięcie będzie „przysiadło” w mniejszym stopniu).

Napięcie zasilające mikrokontroler wynosi 3,3 V, a serwo mechanizm jest zasilany wyższym napięciem, toteż zachodzi konieczność dopasowania poziomów napięć

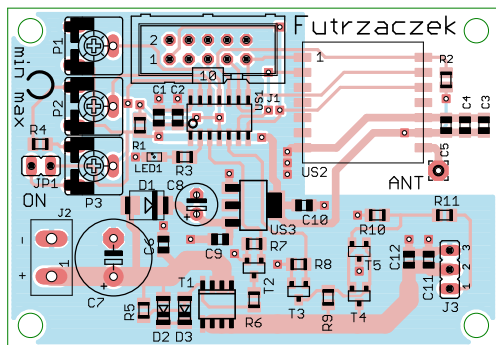
dla wygenerowanych przez mikrokontroler impulsów. Służy do tego tranzystor T3 z rezystorem R9. Ponieważ rezystancja wyjściowa takiego układu jest wysoka, do układu został dodany wtórnik komplementarny, składający się z tranzystorów T4 i T5, który zapewnia prawidłoweysterowanie



Rysunek 3. Schemat płytki nadajnika



Rysunek 2. Schemat ideowy układu odbiornika



Rysunek 4. Schemat płytki odbiornika

linii sygnałowej serwomechanizmu. Za polaryzację emiterów odpowiada rezystor R10, a prąd wyjściowy został ograniczony rezystorem R11.

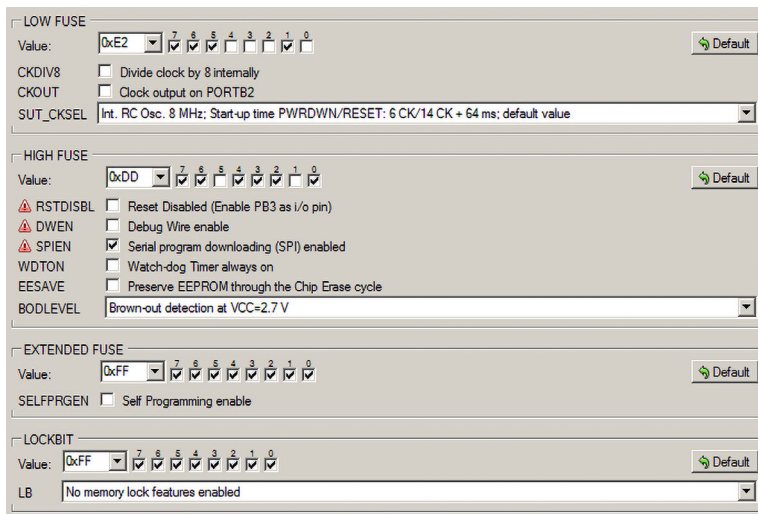
Montaż i uruchomienie

Układ nadajnika został zmontowany na dwustronnej płycie drukowanej o wymiarach 65×30 mm, której schemat montażowy oraz wzór ścieżek pokazuje **rysunek 3**. Płytkę odbiornika jest większa, jej wymiary to 65×45 mm i została pokazana na **rysunku 4**. Otwory montażowe na obu płytkach znajdują się w odległości 3 mm od krawędzi płytki.

Przebieg montażu elementów na obu płytkach nie wymaga szczegółowego komentarza. Należy tylko pamiętać, by włączyć obu modułom anteny, chociażby w postaci kawałków cienkiego przewodu o długości 17,5 cm.

Zasilanie obu modułów może pochodzić ze źródła o napięciu stałym z przedziału 5...15 V. Jednak należy pamiętać, że napięcie zasilające odbiornik musi być dostosowane do wymagań serwomechanizmu (typowo, jest to ok. 5...6 V), ponieważ jest dołączony bezpośrednio do tego napięcia.

Po włączeniu zasilania, oba moduły (nadawczy i odbiorczy) muszą zostać zaprogramowane wsadami pamięci Flash. Należy również zmienić wartości fuse-bitów: *Low Fuse*=0xE2, *High Fuse*=0xDD. Dzięki temu, mikrokontroler będzie taktowany z wewnętrznego oscylatora RC z pominięciem preskalera, a dodatkowo, wbudowany układ *Brown-Out Detector* zapewni jego wyzerowanie, jeżeli napięcie zasilania spadnie poniżej 2,7 V. Szczegółowe ustawienia



Rysunek 5. Ustawienie fuse-bitów mikrokontrolera Attiny24A

```
Listing 1. Kod odpowiedzialny za wytwarzanie impulsów o zadanym czasie
//sterowanie wyjściem serwomechanizmu
//załączenie zasilania serwomechanizmu
#define SERVO_ON_1 PORTB|=0b00000010
//wyłączenie zasilania serwomechanizmu
#define SERVO_ON_0 PORTB&=0b11111011
//ustawienie stanu niskiego na wyjściu sygnałowym
#define OUT_1 PORTB|=0b00000100
//ustawienie stanu wysokiego na wyjściu sygnałowym
#define OUT_0 PORTB&=0b11111011

//granicza wartość pobrana z ADC0 (POT3)
//kiedy układ uznaje, że serwo nie ma być wyłączone
#define POT3_MIN 35

//liczba skalująca wartość pobraną z ADC0 do pełnego zakresu
#define POT3_SCALE 1024/(1024-POT3_MIN)
//-----
// Tim1 do odmierzenia czasu impulsów dla serwomechanizmu
//-----
ISR(TIM1_OVF_vect){
    OUT_1; //zakoczenie wytwarzania impulsu
    TIMSK1 = 0; // powrót TIM1 do stanu spoczynku
    TCCR1B = 0;
}
//-----
// Tim0 do odmierzenia czasu przerw między impulsami
//-----
ISR(TIM0_OVF_vect){
    if(decision == DEC_1) { //czas trwania impulsów z POT1
        ADMUX = (1 << MUX1); //przełączenie multiplexera
        pulse_len = (ADCL | (ADCH << 8)); //pobranie wartości z POT1
        onoff = 1; //zezwozenie na załączenie zasilania serwomechanizmu
    }
    if(decision == DEC_2) { //czas trwania impulsów z POT2
        ADMUX = (1 << MUX0); //przełączenie multiplexera
        pulse_len = (ADCL | (ADCH << 8)); //pobranie wartości z POT2
        onoff = 1; //zezwozenie na załączenie zasilania serwomechanizmu
    }
    if(decision == DEC_3) { //czas trwania impulsów z POT3
        ADMUX = 0; //przełączenie multiplexera (ADC0)
        if((ADCL | (ADCH << 8)) >= POT3_MIN) { //jeżeli zworka JP1 jest zwarta
            pulse_len = POT3_SCALE * (ADCL | (ADCH << 8)); //przeskaluj wartość z ADC
            onoff = 1; //zezwozenie na załączenie zasilania serwomechanizmu
        } else { //jeżeli zworka JP1 jest rozwarta
            onoff = 0; //wyłącz zasilanie serwomechanizmu
        }
    }
}

if(onoff == 0) { //jeżeli serwomechanizm ma być wyłączony
    OUT_1; //nie generuj impulsu
    SERVO_ON_0; //odetnij jego zasilanie
} else { //jeżeli serwomechanizm ma być załączony
    OUT_0; //rozpocznij impuls (T3 odwraca fazę)
    SERVO_ON_1; //załącz zasilanie serwomechanizmu
    TCNT1 = 65536-988-pulse_len; //odliczanie do przepełnienia
    TIMSK1 |= (1 << TOIE1); //przerwanie od przepełnienia
    TCCR1B |= (1 << CS11); //Timer1 odlicza co 1 us, preskaler 8
}
TCNT0 = 100; //musi odliczyć 156 takich impulsów, aby minęło 20ms
}

//=====
int main(void) {
    //tryb Free Running, preskaler 64
    ADCSRA |= (1 << ADEN) | (1 << ADSC) |
              (1 << ADIF) | (1 << ADIFSC) | (1 << ADIFSC1);
    //wyłączenie bufora cyfrowego dla wejść ADC0, ADC1 i ADC2
    DIDR0 |= (1 << ADC2D) | (1 << ADC1D) | (1 << ADC0D);
    //przerwanie od przepełnienia
    TIMSK0 |= (1 << TOIE0);
    //Timer0 odlicza co 128 us, preskaler 1024
    TCCR0B |= (1 << CS02) | (1 << CS00);
    //musi odliczyć 156 takich impulsów, aby minęło 20 ms
    TCNT0 = 100;

    sei(); //uruchomienie systemu przerw
}
```

zostały pokazane na **rysunku 5**, który zawiera zrzut z okna programu BitBurner. Dla obu mikrokontrolerów wartości tych bitów są takie same.

Pobór prądu przez układ nadajnika jest stosunkowo stały i wynosi ok. 30 mA. W przypadku odbiornika, pobór prądu jest zróżnicowany: 20 mA przy wyłączonym serwomechanizmie, 30 mA po włączeniu serwomechanizmu (po ustaleniu pozycji) i wielokrotnie więcej w czasie poruszania osi – zależy od konkretnego serwomechanizmu oraz obciążenia osi. Zmontowane płytki nadajnika i odbiornika pokazują **fo-**
tografie 6 i 7.

Eksploatacja

Po włączeniu zasilania nadajnika, dioda LED1 umieszczona na jego płytce powinna błyskać z częstotliwością 20 Hz, ponieważ informacje o stanie przełącznika wysyłane są do odbiornika co 50 ms. Wychylenie dźwigni w stronę rezystora R4 to „1”, w stronę R5 to „2”, a ustawienie jej na środku to „3”. Zwarcie obu styków jednocześnie również zostanie zinterpretowane jako „3”.

Odbiornik nie potwierdza w żaden sposób odebrania prawidłowych danych, dlatego są one tak często retransmitowane. Zaświecenie diody LED następuje, kiedy przez co najmniej 1,5 s nie został odebrany poprawny pakiet danych z nadajnika. Wtedy też zostaje wyłączone zasilanie serwomechanizmu.

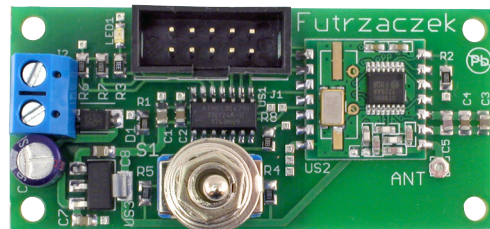
Informacje o wychyleniu serwomechanizmu są pobierane ze wskazanego przełącznikiem potencjometru. Ustawienie potencjometru w połowie zakresu powoduje

ustawienie osi w połowie dostępnego zakresu ruchu. Opis na płytce (MIN i MAX) wskazuje położenie ślizgacza potencjometru dla uzyskania minimalnej i maksymalnej długości impulsu sterującego serwow.

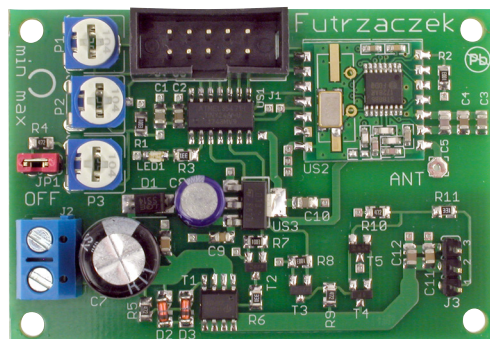
Wyłączenie zasilania serwomechanizmu jest możliwe również w pozycji „3” przełącznika, po zdjęciu zworki JP1. Kiedy jest ona nałożona, serwomechanizm odwzorowuje położenie ślizgacza POT3.

Dla dociekliwych

Do sterowania serwomechanizmami analogowymi konieczne jest wytworzenie ciągu impulsów o odpowiednich parametrach. Powinien to być sygnał prostokątny, którego stan niski jest zbliżony do potencjału masy, a stan wysoki do napięcia zasilającego serwomechanizm. Impulsy powinny być powtarzane cyklicznie co 20 ms (z częstotliwością 50 Hz). Na **listingu 1** pokazany jest fragment kodu odpowiedzialny za wytwarzanie impulsów o takich parametrach. Licznik Timer1 jest taktowany sygnałem o częstotliwości 1 MHz, więc możliwa do uzyskania rozdzielczość czasowa wynosi 1 μ s. Licznik Timer0 generuje przerwanie co 20 ms, czym zapoczątkowuje generację impulsu. o ile program w danej chwili na to pozwala. Czas trwania impulsu musi wynosić od 1 do 2 ms, więc cały ten zakres jest pokrywany przez wartość pobraną z 10-bitowego przetwornika A/D. W przypadku potencjometru POT3 zachodzi



Fotografia 6. Zmontowana płytka nadajnika



Fotografia 7. Zmontowana płytka odbiornika

konieczność przeskalowania, co nieznacznie zmniejsza rozdzielczość regulacji wychyle-
nia serwomechanizmu. Położenie środkowe
serwomechanizmu odpowiada impulsom
o czasie ok. 1.5 ms.

Wymagany zakres regulacji czasu trwania impulsu to 1 ms (czas trwania 1...2 ms), a zmienna *pulse_len* przyjmuje wartości 0...1023. Jednak nie ograniczono tej wartości, a zastosowano niewielki margines (po 12 μ s) dla najkrótszego i najdłuższego impulsu, wobec czego impuls sterujący zmienia się w przedziale od 988 do 2012 μ s.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

100% ELEKTRONIKI NA AVT.PL/PRENUMERATA

[illegible]