

Immobilizer z zabezpieczeniem przed porwaniem samochodu

AVT-5038

Kolejny układ, którego zadaniem jest zabezpieczenie naszego samochodu. Liczba włamań i kradzieży samochodów zastraszająco ostatnio się powiększyła. Cóż, kradzieże samochodów zdarzały się, zdarzają i będą się zdarzać zawsze. Jednak do niedawna kradzieżami zajmowali się, zgodnie ze specyfiką swojego zawodu, złodzieje. Obecnie obserwujemy nowe zjawisko: za kradzieże wzięli się także bandyci, co pociągnęło za sobą powstanie nowego rodzaju przestępstw, czyli uprowadzeń samochodów, dokonywanych niekiedy z użyciem siły wobec ich właścicieli.



Sposobów porwania samochodu jest wiele. Do najczęściej spotykanych należy sposób na tzw. stłuczkę. Przestępcy celowo powodują drobną kolizję z upatrzonym pojazdem, a kiedy jego kierowca wysiada w celu stwierdzenia poniesionych przez pojazd „obrażeń“, jego samochód, w którym najczęściej pozostawione zostały kluczyki, zostaje po prostu porwany. Słyszałem także o porwaniach samochodów ze stacji benzynowych w momencie, kiedy kierowca udał się do kasy w celu zapłacenia rachunku, a także o stosowaniu siły wobec kierowców, których po prostu wyrzucano z samochodów stojących na skrzyżowaniach pod czerwonym światłem.

Czy jakieś układy elektroniczne są w stanie skutecznie zabezpieczyć nasze samochody przed uprowadzeniem? Przecież nawet najlepszy system alarmowy jest podczas jazdy wyłączony, pilot służący do jego włączania także najczęściej przymocowany jest do

kluczyków tkwiących w stacyjce. A zatem wykorzystywanie konstruowanych do tej pory systemów alarmowych i immobilizatorów raczej nie wchodzi w grę, a koniecznością chwili stało się zaprojektowanie zupełnie nowego układu, który powinien reagować na nieobecność właściciela pojazdu w samochodzie i po wykryciu tego faktu uniemożliwiać dalszą jazdę. Taki układ, będący swoistą hybrydą typowego immobilizera ze zdalnym wyłącznikiem zapłonu, został przeze mnie zaprojektowany, przetestowany w moim wysłużonym Polonezie (no, tego grata chyba nikt nie chciałby porwać, ale kto wie) i obecnie przekazuję jego opis do dyspozycji Czytelników Elektroniki Praktycznej.

Układ składa się z dwóch części: małego nadajnika noszonego przez kierowcę w kieszeni (ale broń Boże nie jako breloczek do kluczyków!) i układu odbiorczego ukrytego w samochodzie i spełniającego, niejako przy okazji, funkcję typowego immobilizera. Działanie układu jest banalnie proste: jeśli kierowca siedzi w kabinie samochodu lub znajduje się w jego bezpośrednim są-

siedztwie, to układ odbiera sygnał z nadajnika i nie blokuje instalacji zapłonowej samochodu. Zasięg transmisji radiowej jest w naszym układzie niewielki, a nawet sztucznie zmniejszony. Wystarczy więc, że właściciel oddali się od pojazdu na odległość większą niż kilka metrów, aby układ po chwili oczekiwania na ponowne nawiązanie łączności wyłączył układ zapłonowy, uniemożliwiając dalszą jazdę.

Już w tym momencie uważni Czytelnicy spostrzegli z pewnością pewną pułapkę kryjącą się w proponowanym rozwiązaniu. Nadajnik radiowy zasilany jest z baterii. A co jest szczególnie przykrą cechą tych popularnych źródeł energii elektrycznej? Ano to, że „lubią“ się wyczerpywać, i to zwykle w najbardziej niedogodnym momencie. Mając odrobinną wyobraźnię, możemy przewidzieć, jak może to wpłynąć na nasze bezpieczeństwo, gdy będziemy jechać samochodem, którego silnik nagle odmówi posłuszeństwa, na przykład podczas wyprzedzania innego pojazdu.

Niestety, taką sytuację trudno całkowicie wykluczyć. Można jednak sprowadzić prawdopodobieństwo jej wystąpienia prawie do zera przez częstą wymianę baterii, nie w momencie kiedy zostaną już rozładowane, ale wcześniej, przy spadku zgromadzonego ładunku np. do 1/3. Ponadto układ został wyposażony w rozbudowany system zabezpieczający przed niepożądanym wyłączeniem silnika samochodu. Zablockowanie zapłonu nie następuje natychmiast po zaniku transmisji radiowej, ale poprzedzone jest szeregiem głośniejszych, ostrzegawczych sygnałów akustycznych. Ponowne przywrócenie transmisji powoduje natychmiastowe włączenie zapłonu, a do dyspozycji mamy jeszcze jedno „koło ratunkowe“: ukryty w samochodzie przełącznik, za pomocą którego zawsze możemy ponownie włączyć zapłon.

Układ może pracować w trzech trybach, wybieranych za pomocą ustawiania jumperów konfiguracyjnych.

1. Obydwa jumpery rozwarte. Jest to „klasyczny“ tryb pracy układu, w którym realizuje on funkcje typowego immobilizera. Kolejne przyłożenia zarejestrowanego uprzednio klucza DS1990 do czytnika

TOUCH MEMORY powoduje naprzemienne blokowanie i odblokowywanie układu zapłonowego. W tym trybie pracy stosowane są dwa rodzaje sygnalizowania aktualnego stanu układu: akustyczny i optyczny. Przy zablockowanym układzie zapłonowym włączona jest umieszczona w czytniku czerwona dioda LED, a przy odblokowanym - zielona. Każda zmiana stanu układu jest dodatkowo sygnalizowana sygnałami akustycznymi. Po zablockowaniu zapłonu generowany jest jeden krótki sygnał, a po odblokowaniu dwa sygnały.

2. Zwarty jumper JP1, jumper JP2 rozwarty. Jest to podstawowy tryb pracy układu. Podobnie jak w poprzednim przypadku, przyłożenie zarejestrowanego klucza DS1990 do czytnika powoduje naprzemienne blokowanie i odblokowywanie układu zapłonowego. Jest jednak jedna, bardzo istotna różnica między tymi trybami: utrzymanie stanu odblokowania zapłonu uwarunkowane jest ciągłym odbieraniem impulsów nadawanych przez nadajnik. Każdorazowe odebranie impulsu sygnalizowane jest krótkim błyskiem zielonej diody LED w czytniku. Jeżeli w jakimś momencie układ przestanie odbierać sygnały nadawane przez nadajnik, to rozpocznie się odliczanie czasu pozostałego do wyłączenia zapłonu. Odliczanie sygnalizowane jest głośniejszymi sygnałami akustycznymi emitowanymi co ok. 1 s. Jeżeli po upływie 30 sekund układ nie odbierze sygnału z nadajnika, to zapłon silnika samochodu zostanie wyłączony i rozpocznie się generacja ciągłego sygnału akustycznego o dużej donośności. Odebranie sygnału z nadajnika spowoduje wstrzymanie odliczania bądź jeżeli zapłon został już wyłączony, jego ponowne włączenie.

3. Trzeci tryb pracy, włączany po zwarceniu jumpera JP2 i rozwarciu JP1, nie wymaga stosowania tabletek DS1990. W momencie odebrania sygnału pochodzącego z nadajnika, czyli po zbliżeniu się właściciela do samochodu, zapłon jest automatycznie odblokowywany. Zanik sygnałów pochodzących z nadajnika powoduje reakcję identyczną, jak w trybie 2.

Układ zabezpieczenia samochodu przed porwaniem nie jest szcze-

gólnie trudny do wykonania i bez wahania mogą go polecić nawet średnio doświadczonym konstruktorom. Zastosowanie nowoczesnego procesora typu AT90S2313 pozwoliło na ograniczenie liczby elementów niezbędnych do zbudowania układu i zmniejszenie kosztów wykonania urządzenia.

Opis działania

Schemat elektryczny układu zabezpieczającego samochód przed porwaniem został pokazany na rys. 1. W jego górnej części przedstawiono schemat nadajnika, a w dolnej główną część układu, z procesorem AT90S2313. Omawianie schematu rozpoczniemy od drugiej części.

Sercem urządzenia i elementem spełniającym wszystkie jego ważniejsze funkcje jest nowoczesny procesor wykonany w technologii RISC - AT90S2313. Jest to jeden z moich „ulubionych“ układów, który jest chyba godnym następcą znakomitego, ale już nieco wysłużonego, procesora 89C2051. AT90S2313 jest jego „pinowym“ odpowiednikiem, ale posiada kilka cech, stawiających go kilka „pięter“ wyżej. Po pierwsze szybkość pracy, która w naszym układzie nie ma dużego znaczenia, ale w innych zastosowaniach może decydować o wyborze typu procesora. AT90S2313 może być taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości dochodzącej do 10MHz, podczas gdy '2051 dopuszcza maksymalną częstotliwość 24MHz. Z pozoru więc popularna „pięćdziesiątka jedynka“ powinna być szybsza. Jednak tylko z pozoru, nie zapominajmy bowiem, że częstotliwość oscylatora w procesorach 51 jest wewnętrznie dzielona przez 12 i częstotliwość zegara systemowego w procesorze z kwarcem 24MHz wynosi jedynie 2MHz. Ponadto w nowoczesnym chipie '2313 większość instrukcji wykonywanych jest w jednym cyklu maszynowym, co także drastycznie zwiększa jego szybkość pracy.

Druga, niezwykle sympatyczna cecha procesora '2313 jest związana z wbudowaniem w jego strukturę nieulotnej pamięci danych EEPROM o pojemności 128B. Nie wiele, ale w prostych aplikacjach pozwala na uniknięcie stosowania

zasilania przekaźnika, a zielona po jego wyłączeniu.

Przy okazji należy wspomnieć, jak łatwo można generować z poziomu języka MCS BASIC sygnał dźwiękowy. Nie musimy w tym celu dokonywać skomplikowanych operacji związanych z obsługą timerów. Wystarczy wydać proste polecenie:

```
SOUND [pin portu, częstotliwość, czas trwania]
```

aby na wskazanym wyprowadzeniu procesora uzyskać przebieg o określonej częstotliwości i czasie trwania. W naszym przypadku podprogram generujący krótki sygnał akustyczny ma postać:

```
Sub Beep
Sound Alarmsound, 100, 1000
'Alarmsound Alias Portd.3
End Sub
```

Zajmijmy się teraz dwoma pozostałymi trybami pracy naszego układu. W trybie drugim, który jest podstawowym dla pracy immobilizera, obsługa układu jest praktycznie identyczna jak w trybie pierwszym, jednak z tą zasadniczą różnicą, że warunkiem utrzymania stanu odblokowania zapłonu jest permanentne podawanie krótkich, ujemnych impulsów na wejście przzerwania INTO procesora. Uruchomienie procedury obsługi tego przzerwania powoduje zerowanie licznika programowego, który w momencie dojścia do stanu 3 powoduje włączenie sygnalizacji ostrzegawczej, a przy stanie 30 zablokowanie układu zapłonowego.

Nieodebranie przez układ trzech kolejnych transmisji powoduje rozpoczęcie generowania sygnałów ostrzegawczych. Są to krótkie sygnały akustyczne, o częstotliwości równej częstotliwości rezonansowej zastosowanego w układzie przetwornika piezoceramicznego, i generowane są one także po zablokowaniu zapłonu. Uwaga: zapłon możemy w każdej chwili odblokować, zwierając przełącznik S2, ukryty w niewidocznym, ale dobrze dostępnym miejscu wewnątrz samochodu. Także ponowne odebranie transmisji radiowej spowoduje natychmiastowe odblokowanie układu zapłonowego.

W trzecim trybie pracy do obsługi immobilizera nie są potrzebne klucze - tabletki DS1990. Układ reaguje jedynie na odbieranie lub zanik transmisji radiowej. Już

samo zbliżenie się właściciela do samochodu powoduje odblokowanie zapłonu, a jego oddalenie się od samochodu (lub oddalenie się samochodu od kierowcy) wyłączenie zapłonu po upływie ok. 15 sekund. Także w tym trybie pracy aktualny stan układu sygnalizowany jest za pomocą diod LED wbudowanych w czytnik TOUCH MEMORY.

W każdym układzie wykorzystywanym w systemach ochrony mienia sprawą priorytetową jest jego niezawodność. Wiemy jednak, że każdy system mikroprocesorowy może niekiedy zawieść. Program sterujący jego pracą może się „zawiesić”, na przykład na skutek wystąpienia silnych zakłóceń radioelektrycznych, o które nietrudno w instalacji samochodowej. Skutecznym zabezpieczeniem przed taką awarią jest wykorzystanie wbudowanego w strukturę procesora '2313 watchdoga sprzę-

towego. Jest to układ posiadający oddzielny oscylator, pracujący z częstotliwością ok. 1MHz. Do oscylatora dołączony jest wielostopniowy licznik, którego przepełnienie powoduje natychmiastowe sprzętowe wyzerowanie procesora. Aby do tego nie dopuścić, po uruchomieniu watchdoga, ten licznik musi być zerowany tak, aby nigdy nie nastąpiło jego przepełnienie. W przypadku zawieszenia się pracy programu licznik watchdoga przestaje być zerowany i po ustalonym czasie następuje zerowanie procesora i rozpoczęcie pracy programu od początku.

Obsługa watchdoga z poziomu języka MCS BASIC jest szczególnie prosta, podobnie jak obsługa innych funkcji procesora '2313. Polecenia zabezpieczające układ immobilizera przed skutkami zawieszenia się programu przedstawione są na **list. 2**.

```
List. 1.
'##### Główna pętla programowa #####
Do
  lwreset          'sprawdź stan magistrali 1WIRE
  Waitms 50        'zaczekaj 50 ms
  If Err = 0 Then  'jeżeli z magistrali nadeszła odpowiedź, to:
    Call Verification 'wezwij podprogram weryfikacji numeru seryjnego tabletki DS1990
  End If          'koniec warunku

  If On_off = 1 Then 'jeżeli zmienna pomocnicza ON_OFF jest równa 1, to:
    Set Relay: Reset Ledred: Set Ledgreen
    'włącz przekaźnik, wyłącz diodę czerwoną, włącz diodę zieloną
  Else
    Reset Relay: Set Ledred: Reset Ledgreen
    'wyłącz przekaźnik, włącz diodę czerwoną, wyłącz diodę zieloną
  End If          'koniec warunku

  Waitms 255      'zaczekaj 255 ms
'.....
'pozostałe czynności realizowane w pętli
Loop
End Sub
'.....
'##### Podprogram weryfikacji numeru klucza DS1990 #####
Sub Verification
  Waitms 100      'zaczekaj 100 ms
  lwreset          'sprawdź powtórnie stan magistrali 1WIRE
  If Err = 1 Then  'jeżeli brak odpowiedzi, to:
    Call Main      'powróć do pętli głównej
  End If          'koniec warunku

  lwrite &H33     'wyślij na magistralę 1WIRE żądanie podania numeru seryjnego dołączonego
                  'do niej układu

  For I = 1 To 8
    Ar(i) = lread() 'odczytaj kolejne bajty numeru seryjnego układu DS1990
  Next I

  Eeprom_address = 1 'zmienna określająca adres, spod jakiego ma być odczytana informacja
                    'staje się równa 1

  For R = 1 To 10
    For I = 1 To 8
      Readeeprom Value, Eeprom_address
      'odczytaj z pamięci EEPROM kolejne bajty zapisanych tam numerów kluczy

      If Value = Ar(i) Then 'jeżeli odczytana wartość jest równa odpowiadającej jej
                            'wartości odczytanej z magistrali 1WIRE, to:
        Flag1 = 1          'zmienna pomocnicza FLAG1 przyjmuje wartość 1
      Else
        Flag1 = 0          'zmienna ta jest zerowana
      End If

      Incr Eeprom_address 'zwiększ adres pamięci EEPROM o 1
    Next I

    If Flag1 = 1 Then      'jeżeli po odczytaniu kolejnych ośmiu bajtów zmienna pomocnicza
                          'nadal równa jest 1, to:
      On_off = Not On_off 'zmień wartość zmiennej pomocniczej ON-OFF na przeciwną
      Call Beep           'wezwij podprogram generujący krótki sygnał akustyczny
      If On_off = 1 Then  'jeżeli zmienna ON_OFF przyjęła wartość 1, to:
        Waitms 255      'zaczekaj 255 ms
        Call Beep       'wygeneruj drugi sygnał akustyczny
      End If
    End If
  Next R
  Exit For              'wyjdź z pętli FOR... NEXT
End Sub
```

List. 2.

```

Config Timer1 = Timer, Prescale = 256'timer1 ma pracować jako timer z częstotliwością
                                'zegarową podzieloną przez 256
Config Watchdog = 2048 'watchdog ma zerować system po 2048 ms
Enable Interrupts 'ogólne zezwolenie na obsługę przerwań
Enable Timer1 'zezwolenie na obsługę przerwania od timer1
On Timer1 Second 'w przypadku wystąpienia przerwania timer1 skok do procedury SECOND
Counter1 = 34286 'załadowanie timer1
Start Watchdog 'włączenie watchdoga
Start Timer1 'włączenie timer1
.....
Second:
Reset Watchdog 'wyzeruj watchdoga
.....
Counter1 = 34286 'powtórnie załaduj wartość 34286 do rejestru timer1
Start Timer1 'powtórnie uruchomienie timer1
Return
    
```

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: 10MΩ
- R2: 1MΩ
- R3: 120kΩ
- R4, R5, R8, R12..R14: 4,7kΩ
- R6: 1,5MΩ
- R7: 470kΩ
- R9: 1kΩ
- R10, R11: 1kΩ
- R15: 22kΩ

Kondensatory

- C1: 1μF MKT
- C2: 470nF
- C3, C8, C9: 100nF
- C4: 100μF/16V
- C5, C6: 27pF
- C7: 220μF/16V

Półprzewodniki

- D1: 1N4148
- IC1: 4098
- IC2: HT12E
- IC3: HT12D
- IC4: AT90S2313
- IC5: 7805
- IC6: DS1813
- T1: BC557
- T2..T4: BC548

Różne

- CON1: ARK2 (3,5mm)
- CON2: ARK3
- CON4: czytnik TOUCH MEMORY
- JP2, JP3: 2xgoldpin + jumper
- Q1: nadajnik RT1
- Q2: odbiornik RR4
- Q3: rezonator kwarcowy 8MHZ
- Q4: przetwornik piezo
- RL1: RM-96
- S1: włącznik
- 2 układy DS1990

Już wiele razy wspominaliśmy o odbieraniu przez układ sygnałów transmisji radiowej, a jeszcze nie wiemy skąd te sygnały mają pochodzić. Popatrzmy zatem na górną część rys. 1, w której pokazany jest schemat nadajnika radiowego współpracującego z naszym immobilizerem.

Nadajnik składa się z dwóch bloków: multiwibratora zbudowanego z wykorzystaniem dwóch przerzutników zawartych w strukturze układu 4098 - IC1 i kodera zrealizowanego z wykorzystaniem układu HT12E, „bliźniaka“ układu HT12D. Do generacji fali nośnej wykorzystany został moduł nadawczy pracujący na częstotliwości 430MHZ - Q1. Niskim poziomem z wyjścia !Q IC1B jest włączany tranzystor T1, powodując cykliczne zasilania koder HT12E i nadajnika radiowego Q1. Sygnały radiowe o czasie trwania ok. 2 s nadawane są co mniej więcej 20 sekund.

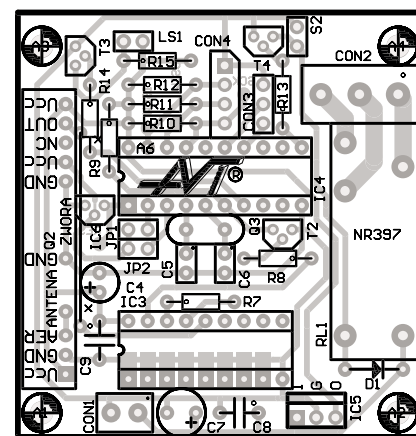
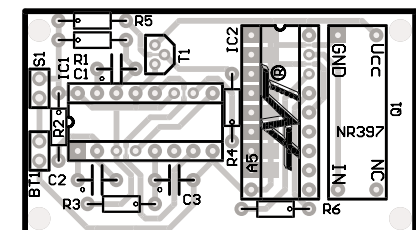
Montaż i uruchomienie

Na rys. 2 pokazano rozmieszczenie elementów na dwóch płytках obwodów drukowanych, wykonanych na laminacie jednostronnym. Zastosowanie takiego laminatu, podyktowane chęcią zmniejszenia kosztów wykonania układu, pociągnęło za sobą konieczność zastosowania jednej zworki na płycie immobilizera, od której wlotowania rozpoczniemy montaż układu. Sposób montażu układu nie odbiega w niczym od montażu innych układów elektronicznych. Musimy jednak pamiętać o jednym: immobilizer, podobnie jak każdy inny układ przeznaczony do zainstalowania w samochodzie, będzie pracował w ekstremalnie ciężkich warunkach, narażony na duże różnice temperatury, wstrząsy i wpływ agresywnych czynników chemicznych. Dlatego też montaż musimy wykonać szczególnie starannie, dobrze nagrzaną lutownicą i wyłącznie lutowiem bardzo dobrej jakości.

Jak zwykle w układach „samochodowych“, sprawą kontrowersyjną jest stosowanie podstawek pod układy scalone. Radziłbym zastosować podstawkę tylko pod procesor, z tym że musi to być podstawka o jak najwyższej jakości.

W nadajniku, pomimo że nie będzie on pracował w zbyt ciężkich warunkach, także sugerowałbym zrezygnowanie z podstawek. Jednak w tym przypadku powód tego odstępstwa od klasycznych reguł montażu jest inny: chęć maksymalnego zmniejszenia wymiarów układu, który będzie noszony najczęściej w kieszeni lub przy pasku od spodni.

Po zmontowaniu i sprawdzeniu działania obydwu części układu należy jeszcze zabezpieczyć płytkę immobilizera za pomocą dobrej jakości lakieru elektroizolacyjnego, chroniącego spodnią



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytkach drukowanych.

W każdym przypadku rozpoczęcie rejestracji będzie sygnalizowane dziesięcioma błyskami czerwonej diody LED, wbudowanej w obudowę czytnika TOUCH MEMORY. Rejestracja kluczy polega na ich kolejnym przykładaniu do czytnika. Poprawne zarejestrowanie tabletki DS1990 kwitowane jest włączeniem zielonej diody w czytniku na 3 s i krótkim sygnałem akustycznym. Oczywiście, nie musimy zawsze rejestrować maksymalnej liczby kluczy. Jeżeli wykorzystywać będziemy ich mniejszą liczbę, to niektóre tabletki przykładamy do czytnika więcej niż jeden raz, tak aby całkowita liczba przeprowadzonych rejestracji zawsze wynosiła 5.

Zakończenie rejestracji kluczy sygnalizowane jest dziesięcioma błyskami zielonej diody LED w czytniku.

Przed zamontowaniem układu w samochodzie będziemy mieli jeszcze jedną czynność do wykonania: ustawienie identycznych kombinacji stanów logicznych na wejściach

adresowych kodera HT12E i dekodera HT12D. Ustawienia kodów dokonujemy przez łączenie z masą wejść adresowych obydwóch układów lub pozostawianie ich „wiszących w powietrzu“.

Jeżeli chodzi o sposób montażu immobilizera w samochodzie, to trudno mi tu udzielić jakichkolwiek wskazówek. Szczegóły montażu będą zależeć od marki samochodu i możliwości wykonawczych użytkownika. W samochodzie Polonez wypróbowanym miejscem, idealnie nadającym się do montażu wszelkich dodatkowych układów elektronicznych jest przestrzeń ponad tablicą wskaźników, dostępna po zdjęciu zasłaniającej ją klapy. Także sposób dołączenia układu do obwodów instalacji zapłonowej samochodu zależy od typu pojazdu i silnika. Na szczęście do dyspozycji mamy styk przełączany przekaźnika i blokowanie zapłonu w samochodzie będziemy mogli zrealizować zarówno zwierając, jak i rozwierając

wybrany fragment obwodów instalacji elektrycznej samochodu.

Uważni Czytelnicy z pewnością zwrócili już uwagę na dodatkowe punkty lutownicze umieszczone na spodniej stronie płytki immobilizera. Punkty te nie były zaznaczone na schemacie, a na płytce opisane są jako MISO, MOSI, SCK i RESET, a ich umieszczenie na płytce powinno być sporym ułatwieniem dla tych Czytelników, którzy zechcą napisać własny program obsługi immobilizera lub zmodernizować program napisany przeze mnie. Do tych punktów można bowiem dołączyć programator ISP dla procesorów AVR - AVT871, obsługiwany z poziomu pakietu BASCOM AVR.

Zbigniew Raabe, AVT
zbigniew.raabe@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/pazdziernik01.htm> oraz na płycie CD-EP10/2001B w katalogu PCB.