

# Miniaturowy zamek cyfrowy z kluczem elektronicznym

## AVT-522

*Elektroniczne zamki o różnej budowie były niejednokrotnie prezentowane na łamach EP. W artykule zostanie opisany jeszcze jeden zamek, którego główną zaletą jest to, że jego układ elektryczny został zmontowany na płytce o wymiarach 20 mm x 16 mm.*

**Rekomendacje:** zamek elektroniczny o bardzo małym poborze prądu, miniaturowych wymiarach i programowanych właściwościach funkcjonalnych można zastosować w sejfach, komputerach, samochodach, a także jako zamek przy drzwiach wejściowych do mieszkania.

Płytkę o tak niewielkich wymiarach można umieścić nawet w bardzo małym urządzeniu, dlatego układ zamka może być zastosowany także do zabezpieczania urządzeń elektronicznych.

Zamek używa pastylek typu DS1990 jako kluczy autoryzacyjnych. Każda pastylka posiada swój unikalny numer seryjny, który po zarejestrowaniu jest kodem dostępu lub może służyć do identyfikacji osób, umożliwiając na przykład otwarcie drzwi posiadaczowi uprawnionego klucza. Każdy numer seryjny składa się z ośmiu bajtów: jednego bajtu identyfikującego rodzinę układów, sześciu bajtów unikatowego numeru seryjnego i jednego bajtu sumy kontrolnej CRC. Suma kontrolna umożliwia sprawdzenie, czy transmisja pomiędzy układem DS1990 a mikrokontrolerem przebiega prawidłowo. Zamek, zarówno przy rejestracji nowych kluczy, jak i przy odczycie dołączanych kluczy sprawdza tę sumę, co podczas rejestracji uniemożliwia zapisanie błędnego klucza, a w czasie weryfikacji kluczy dodatkowo zwiększa jakość zabezpieczenia. Jako klucz nie może być zapisana sekwencja bajtów o wartości zero. Numery seryjne są zapisywane w wewnętrznej pamięci EEPROM mikrokontrolera, dzięki czemu będą pamiętane również po wyłączeniu zasilania. Wewnętrzna pamięć mikrokontrolera umożliwia wykonanie około miliona cykli programowania, co pozwala na dowolnie częste zmiany uprawnionych kluczy bez obawy o uszkodzenie pamięci.

Klucze DS1990 nie wymagają dodatkowego zasilania, bowiem energia jest dostarczana poprzez linię komunikacyjną podczas przyłożenia klucza do głowicy czytnika. W czytnik układów DS1990 wbudowano dwukolorową diodę



świecąca, dzięki czemu tryb pracy zamka jest sygnalizowany za pomocą odpowiedniego koloru.

Najważniejsze parametry elektronicznego zamka są przedstawione w **tab. 1**.

### Budowa i działanie

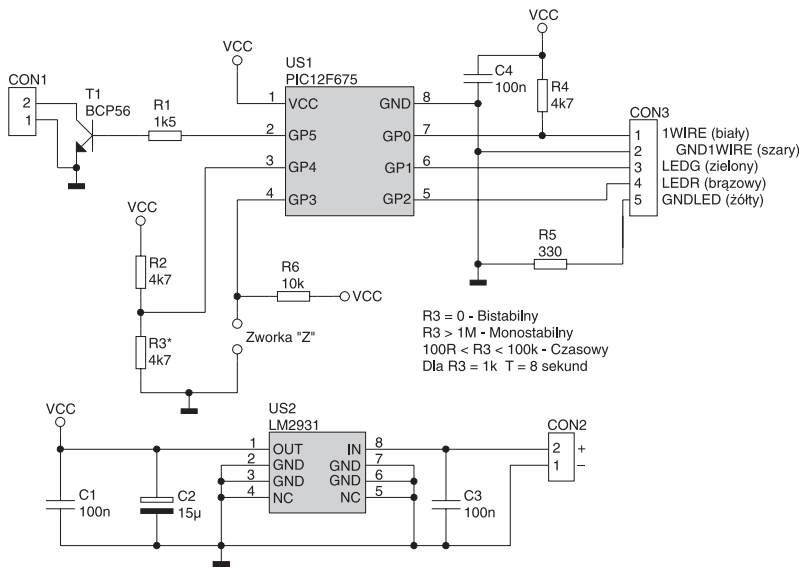
Schemat elektryczny zamka przedstawiono na **rys. 1**. Jego głównym elementem jest układ US1 - mikrokontroler umieszczony w osmionóżkowej obudowie. Oprócz pamięci programu, wewnątrz układu zawarto pamięć RAM o pojemności 64 bajtów i 128 bajtów pamięci EEPROM. Pomimo tak małej obudowy do dyspozycji mamy sześć wyprowadzeń, z których każde, w zależności od potrzeb, może pełnić kilka funkcji. W układzie PIC12F675 zawarto czterokanałowy przetwornik analogowo-cyfrowy, który w układzie zamka wykorzystano do ustawiania jego parametrów.

Sygnał zegarowy taktujący mikrokontroler może pochodzić z wewnętrznego generatora RC ( $f=4$  MHz), zewnętrznego źródła lub może być wytwarzany wewnątrz po dołączeniu zewnętrznego rezonatora kwarcowego bądź zewnętrznego obwodu RC. Mikrokontroler może być również taktowany z wewnętrznego generatora RC (bez elementów zewnętrznych).

Jako układ wykonawczy zastosowano tranzystor typu BCP56,

**Tab. 1. Najważniejsze właściwości zamka**

- ✓ możliwość zapamiętania do 15 kluczy,
- ✓ klucze zapisywane są w nieulotnej pamięci EEPROM,
- ✓ możliwość kasowania i programowania nowych kluczy przez wykonanie zworki na płytce,
- ✓ możliwość kasowania i programowania nowych kluczy przez przyłożenie rezystora o wcześniej zaprogramowanej wartości do głowicy czytnika,
- ✓ wyjście zamka może być typu monostabilnego, bistabilnego lub czasowego, z programowanym czasem aktywnym,
- ✓ możliwość bezpośredniego sterowania przekaźnikiem,
- ✓ miniaturowe wymiary (20 mm x 16 mm),
- ✓ sygnalizacja świetlna o stanie pracy zamka,
- ✓ zasilanie 5,5...15 VDC/25 mA.



Rys. 1. Schemat elektryczny zamka

który może przełączać prądy o maksymalnej wartości równej 1 A, a jego napięcie kolektor-emiter może mieć wartość 80 V. Tranzystor ten może bezpośrednio sterować cewką przekaźnika, wymagane jest tylko zbocznikowanie jej diodą prostowniczą, aby tranzystor nie został uszkodzony w wyniku indukowania się wysokich napięć w obwodzie kolektora podczas wyłączenia prądu. Rezystor R1 ogranicza prąd bazy tranzystora T1. Rezystory R2 i R3 podłączone do wejścia GP4 służą do ustalenia sposobu sterowania tranzystorem wyjściowym po przyłożeniu prawidłowego klucza. Wejście GP4 zostało skonfigurowane jako wejście przetwornika A/C, dlatego sposób wysterowania tranzystora T1 jest zależny od wartości napięcia podanego na wejście GP4. Rezystor R2 ma stałą wartość, a elementem regulacyjnym jest rezystor R3. Napięcie wejściowe zostało podzielone na trzy zakresy definiujące reakcję tranzystora T1.

Jeśli rezystor R3 nie zostanie zamontowany, to na wejście GP4 poprzez rezystor R2 zostanie podane napięcie zasilające mikrokontroler. W takim przypadku mikrokontroler przejdzie do trybu monostabilnego. W tym trybie przyłożenie prawidłowego klucza spowoduje uaktywnienie tranzystora T1. Stan ten będzie panował aż do wyłączenia zasilania, niezależnie od tego czy w międzyczasie klucz zostanie przyłożony ponownie. Taki tryb pracy może być

wykorzystany do pracy jako immobilizer w samochodzie, gdyż po włączeniu zapłonu kluczykiem i przyłożeniu klucza elektronicznego może spowodować odblokowanie zabezpieczeń, co umożliwi jazdę samochodem dopóty, dopóki kluczyk znajduje się w stacyjce. Wyłączenie stacyjki spowoduje również wyłączenie zasilania zamka, a ponowne podanie zasilania będzie powodowało blokadę samochodu do momentu ponownego przyłożenia pastylki.

Jeżeli zamiast rezystora R3 zostanie zastosowana zworka, to zamek będzie pracował w trybie bistabilnym. W tym trybie każde przyłożenie klucza spowoduje przełączenie tranzystora.

Trzecim trybem jest tryb pracy czasowej. W tym trybie przyłożenie prawidłowego klucza do czytnika spowoduje załączenie tranzystora T1 na określony czas. Czas ten zależy od wartości napięcia podanego na wejście GP4. Do ustalenia wartości tego napięcia należy wykorzystać dzielnik zbudowany z rezystorów R2 i R3. Aby zapewnić czasowy tryb pracy, wartość rezystora R3 musi zawierać się w przedziale od 100 Ω do 100 kΩ.

Czas załączenia tranzystora T1 może mieścić się w przedziale 0,5...63 s. Czas ten jest wyliczany z zależności: wynik pomiaru napięcia (2...253) x 0,25 s. Przetwornik A/C umożliwia pomiar z rozdzielczością 10 bitów, lecz w przedstawionym układzie nie jest wyma-

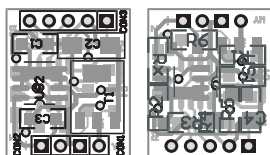
gana tak duża rozdzielczość, dlatego pod uwagę brane jest tylko osiem bardziej znaczących bitów, czyli rozdzielczość jest ograniczona do 8 bitów (0...255). Do określenia czasu załączenia tranzystora skrajne wartości są pomijane, gdyż zawartość rejestru przetwornika A/C mniejsza niż 2 jest traktowana jako zwarcie do masy (praca bistabilna), a zawartość większa niż 253 jest traktowana jako brak rezystora R3 (praca monostabilna). Przykładowy czas załączenia tranzystora T1 dla wartości rezystora R3 równej 1kΩ wynosi około 8 sekund.

Jako czytnik kluczy typu DS1990 zastosowano gotową głowicę zawierającą dwukolorową diodę świecącą, która służy do sygnalizacji stanu pracy zamka. Czytnik ten jest dołączony do złącza CON3. Ponieważ układy DS1990 komunikują się poprzez typową, jedнопrzewodową magistralę, do wymuszenia poziomu wysokiego na tej linii, a jednocześnie do zapewnienia zasilania dołączonych układów zastosowano rezystor podciągający R4. Do ograniczenia prądu płynącego przez diody świecące zawarte w czytniku zastosowano rezystor R5. Zworka „Z”, dołączona do wyprowadzenia GP3, służy do przełączenia mikrokontrolera w tryb rejestracji kluczy.

Napięcie zasilania stabilizuje układ typu LM2931, a kondensatory C1...C3 filtrują je.

## Montaż i uruchomienie

Elektryczny zamek został zamontowany na dwustronnej płytce o wymiarach 20 mm x 16 mm, której schemat montażowy przedstawiono na rys. 2. Ze względu na tak małe wymiary płytki, wszystkie użyte elementy są w obudowach do montażu powierzchniowego, dlatego montaż należy przeprowadzić ze szczególną dokładnością. Dodatkowo elementy montowane są po dwóch stronach płytki, jednak opis elementów jest wykonany tylko po właściwej stronie elementów. Wartość rezystora R3 należy dobrać zależnie od wybranego trybu pracy układu wyjściowego. Do złącza CON3 należy dołączyć przewody czytnika zgodnie z opisem kolorów przedstawionym na rys. 1, a do złącza CON2 napięcie zasilania o wartości 6...15 VDC. Na



Rys. 2. Schemat montażowy płytki zamka

złącza CON1 wyprowadzono sygnał z kolektora tranzystora T1, na którym jest poziom niski, gdy został przyłożony prawidłowy klucz do czytnika. Po poprawnym zmontowaniu zamka można przystąpić do rejestracji kluczy, które będą uprawnione.

### Zapis numerów kluczy poprzez zwarcie zworki „Z”

Aby zamek mógł zareagować na jakikolwiek klucz, wcześniej należy zapisać go w pamięci mikrokontrolera. Zastosowany mikrokontroler posiada 128 bajtów pamięci EEPROM, co umożliwi zapamiętanie 16 kluczy 8-bajtowych. Jednak jeden bajt pamięci jest potrzebny do zapamiętania parametru związanego ze sposobem programowania, dlatego możliwy jest zapis 15 kluczy. Zapis kluczy można przeprowadzić w dwojaki sposób: zwierając wejście GP3 do masy lub przykładając do głowicy czytnika rezystor o odpowiedniej wartości. Przejście do trybu rejestracji kluczy poprzez podanie potencjału masy na wejście GP3 jest sposobem bezpieczniejszym, gdyż nie ma możliwości zmiany zapisanych kluczy bez dostępu do wnętrza zamka. Jednak przy częstych zmianach kluczy ten sposób może okazać się kłopotliwy.

W celu wprowadzenia zamka w tryb rejestracji należy przy wyłączonym zasilaniu zewrzeć wejście GP3 do masy (zwora „Z”) i włączyć zasilanie. Po tej czynności mikrokontroler przejdzie do trybu rejestracji kluczy, czerwona dioda błysnie 10 razy, sygnalizując ten stan, a następnie zgaśnie. Z pamięci zostaną wykasowane wszystkie wcześniej zapisane klucze.

Od tej pory do czytnika należy kolejno przykładać klucze, które mają być zarejestrowane. Jeśli w czasie komunikacji z dołączonym kluczem pojawią się błędy, to klucz ten nie zostanie zapisany i należy przyłożyć go ponownie. Poprawność transmisji jest sprawdzana

poprzez porównanie sumy CRC. Jeśli sumy, odczytana z przyłożonego klucza i obliczona przez mikrokontroler, są takie same, to transmisja przebiegła prawidłowo i klucz zostanie zapisany w pamięci mikrokontrolera. Błędne odczytanie danych z układu DS1990 jest sygnalizowane zapaleniem się czerwonej diody na czas jednej sekundy, po odłączeniu klucza od głowicy, natomiast prawidłowy odczyt jest sygnalizowany zapaleniem się diody zielonej, również na czas jednej sekundy. Błędy podczas transmisji mogą być spowodowane zakłóceniami powstającymi podczas przykładania klucza do czytnika, dlatego aby mieć pewność, że klucz zostanie odczytany prawidłowo, należy go przyłożyć na czas około dwóch sekund. Wtedy, w przypadku błędnego odczytu, mikrokontroler odczeka jedną sekundę i ponownie odczyta numer seryjny dołączonego klucza bez zakłóceń. Po zapisie piętnastego klucza mikrokontroler opuszcza procedurę zapisu kluczy i dalszy zapis jest niemożliwy. Stan ten jest sygnalizowany błyskaniem obydwu diod świecących, co w konsekwencji powoduje błyskanie kolorem zbliżonym do pomarańczowego. Należy wyłączyć zasilanie, a po jego ponownym włączeniu zamek będzie gotowy do pracy.

Jeżeli nie będzie rejestrowana maksymalna liczba kluczy, to po wpisaniu do pamięci mikrokontrolera potrzebnej liczby kluczy należy wyłączyć zasilanie. W pamięci zostaną zapisane tylko podane klucze (i tylko na nie będzie reagował mikrokontroler).

### Zapis numerów kluczy poprzez dołączenie zewnętrznego rezystora

Ten sposób programowania umożliwia wprowadzenie mikrokontrolera w tryb rejestracji kluczy bez konieczności otwierania obudowy, w której znajduje się płytka zamka. Ten sposób programowania może być uaktywniany lub blokowany. Aktywacja odbywa się za pomocą zworki („Z”) służącej również do podstawowego sposobu zapisywania kluczy.

Aby uaktywnić programowanie za pomocą rezystora, należy przy wyłączonym zasilaniu przyłożyć do czytnika rezystor o wartości z prze-

działu 100  $\Omega$ ...100 k $\Omega$ , zewrzeć zworę „Z”, a następnie włączyć zasilanie. Po tej czynności mikrokontroler przełączy linię transmisyjną służącą do komunikacji z przykładanymi układami DS1990 (GPO) w tryb wejścia przetwornika A/C i zmierzy wartość napięcia na tym wejściu. Będzie ona wynikała z dzielnika wykonanego przez rezystor R4 i dodatkowy rezystor dołączony do czytnika. Wartość ta zostanie zapisana w wewnętrznej pamięci EEPROM (zasygnalizowane to zostanie przez błyskanie diody zielonej). Jeśli styki czytnika zostaną zwarte, to odczytane napięcie będzie miało wartość 0 V. Taka wartość nie zostanie zapisana (jako niedopuszczalna), a mikrokontroler przejdzie do normalnego trybu pracy, czyli będzie oczekiwał na przyłożenie klucza do czytnika. Następnie należy wyłączyć zasilanie.

Programowanie przebiega w taki sam sposób, jak to ma miejsce przy przełączeniu procesora w tryb programowania poprzez zwarcie zworki „Z”, lecz nie ma potrzeby ingerowania we wnętrze obudowy urządzenia.

Od tej pory wprowadzenie zamka w tryb zapisu kluczy można wykonać po przyłożeniu do czytnika rezystora o określonej wartości, wyłączeniu zasilania i jego ponownym włączeniu.

Przy pomiarze napięcia umożliwiającego wejście w tryb programowania numerów seryjnych kluczy mikrokontroler dopuszcza maksymalną rozbieżność zmierzonego i zapisanego w pamięci EEPROM napięcia około  $\pm 0,8\%$ . Oznacza to, że do przełączania w tryb zapisu kluczy musi być użyty ten sam egzemplarz rezystora, który wykorzystano jako referencyjny.

Jeśli możliwość programowania zewnętrznego ma zostać wyłączona, to należy przeprogramować mikrokontroler, aby nie brał pod uwagę napięcia pojawiającego się na czytniku. Przeprowadza się to w następujący sposób: należy wyłączyć zasilanie, od czytnika odłączyć rezystor, zewrzeć zworę „Z” i włączyć zasilanie. Po tej czynności mikrokontroler zmierzy napięcie na wejściu GPO, tak jak to ma miejsce podczas zapisu wartości rezystora. Zmierzona wartość będzie równa napięciu zasilania, gdyż rezystor podciągający

magistralę 1-Wire wymusi ten stan. Wartość ta jest niedopuszczalna jako napięcie przełączające zamek w tryb programowania kluczy i ten sposób programowania zostanie wyłączony. Następnie należy wyłączyć zasilanie i od tej pory wprowadzenie zamka w tryb programowania kluczy jest możliwy tylko poprzez zwarcie zworki „Z”.

### Obsługa zamka

W trybie normalnej pracy mikrokontroler nieustannie sprawdza, czy do czytnika został przyłożony klucz. Sprawdzenia tego dokonuje się poprzez wysyłanie na linię 1-Wire sygnału zerującego. Jeśli po tym sygnale mikrokontroler nie otrzyma potwierdzenia obecności układu DS1990, to ponownie wysyła sygnał zerujący. Jeśli do czytnika przyłożony zostanie układ pamięci z kluczem, to po sygnale zerującym zgłosi on swoją obecność, a mikrokontroler odczyta jego numer seryjny oraz sumę kontrolną. Jeżeli suma kontrolna będzie prawidłowa, to

nastąpi przeszukanie pamięci EEPROM w celu sprawdzenia, czy przyłożony klucz jest zarejestrowany. Warunkiem przeszukania pamięci jest także niezerowa wartość odczytanych bajtów numeru seryjnego. W przypadku nieodnalezienia numeru seryjnego przyłożonego klucza, na jedną sekundę zapali się dioda czerwona sygnalizując, że przyłożony klucz jest nieprawidłowy. Przyłożenie zarejestrowanego klucza spowoduje załączenie tranzystora wyjściowego zamka w sposób zależny od wartości rezystora R3, następnie na jedną sekundę zostanie zapalona dioda zielona. Jeżeli zamek będzie skonfigurowany do czasowego załączania tranzystora wyjściowego, to po przyłożeniu uprawnionego klucza tranzystor zostanie załączony i będzie błyskała zielona dioda. Po odliczeniu zaprogramowanego czasu tranzystor wyjściowy zostanie wyłączony, a dioda zgaszona.

**Krzysztof Pławiuk, AVT**  
**krzysztof.plawsiuk@ep.com.pl**

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1: 1,5k $\Omega$  1206  
R2, R6: 10k $\Omega$  1206  
R3\*: 1k $\Omega$  1206  
R4: 4,7k $\Omega$  1206  
R5: 330 $\Omega$  1206

#### Kondensatory

C1, C3, C4: 100nF 1206  
C2: 15mF/10V 6032

#### Półprzewodniki

T1: BCP56  
US1: PIC12F675 SOIC8(150mil)  
US2: LM2931 SOIC8(150mil)

#### Różne

CON1, CON2: goldpin 1x2 męski  
Pastylki DS1990A - 2 szt.  
Zawieszka do układów DS1990 - 2 szt.  
Czytnik pastylek DS1990 z wbudowaną diodą LED

*Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/wrzesien03.htm>.*