



**AVT-767**

# Nietypowy zamek elektroniczny

**Zamek o specyficznej zasadzie pracy.**  
**Porównuje właściwości „klucza” z wzorcem.**  
**Rolę klucza pełni obwód RC.**  
**Nieskończenie wielka liczba kombinacji – kluczy.**  
**Zasilanie: 9...15V,**  
**np. ze zwykłej baterii 9V.**  
**Spoczynkowy pobór prądu: poniżej 1uA.**  
**Po naciśnięciu przycisku: około 6mA przez max. 1s.**

Opisywany układ może służyć jako nietypowy zamek elektroniczny. Jest to też zabawka edukacyjna i przykład realizacji interesującej zasady pracy. Może współpracować z różnymi elementami wykonawczymi.

Aby otworzyć zamek, należy włożyć do gniazda w płycie głównej klucz – małe płytkę z dwoma stykami-szpilekami, a potem nacisnąć przycisk. Zielona lampka zaświeci

się na około 1 sekundę i w tym czasie na wyjściu pojawi się też impuls, który może uruchomić układ wykonawczy, np. elektro-mechaniczny rygiel.

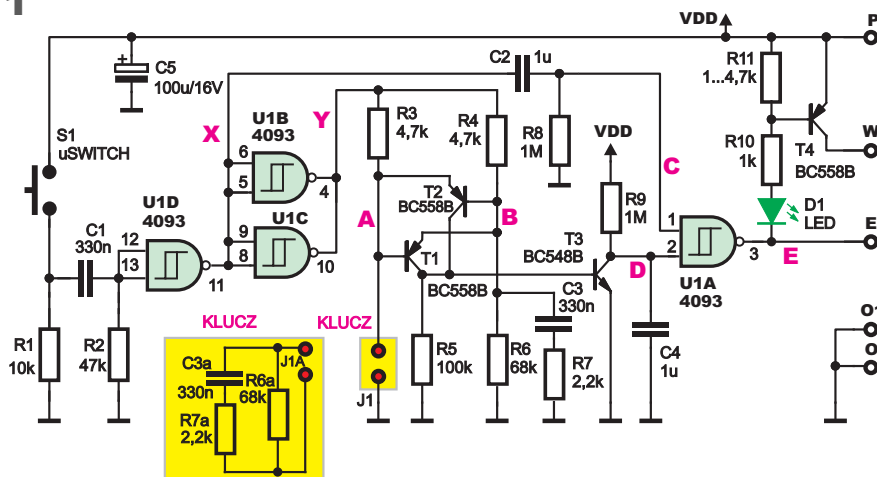
Schemat i płytka drukowana pokazane są na rysunkach 1 i 2. Elementy warto montować w kolejności podanej w wykazie na końcu artykułu.

Szereg cennych wskazówek praktycznych dotyczących identyfikacji elementów oraz ich lutowania zawartych jest w broszurze *Elektronika dla nieelektroników – Elementarz elektronika*, która została wydana przez AVT w roku 2006 oraz artykułach, które ukazały się w EdW 5...7/2004. Pomocą w montażu może też być trójwymiarowa **fotografia 3**, którą trzeba oglądać w okularach anaglifowych, jakie otrzymali w prezencie wszyscy prenumerujący EdW.

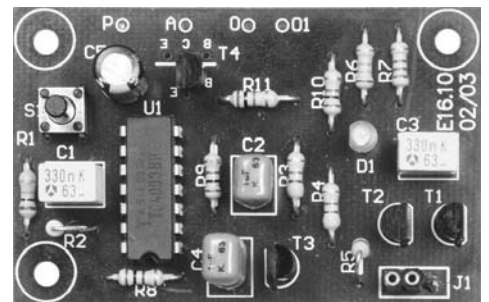
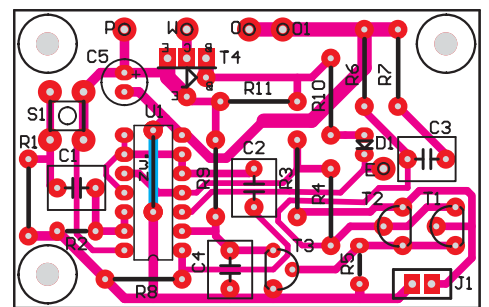
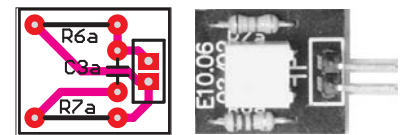
Układ zmontowany ze sprawnych elementów powinien od razu pracować i nie wymaga żadnego uruchamiania.

Urządzenie może być zasilane napięciem w dość szerokim zakresie. Zalecany zakres napięć zasilania to 9...15V, ale system może też pracować przy niższym napięciu. Zastosowane rozwiązania powodują, że w stanie czuwania pobór prądu jest praktycznie równy zero, dzięki czemu układ śmiało można zasilac także ze zwykłej 9-woltowej baterii 6F22. Zamek pobiera prąd tylko przez około sekundę po naciśnięciu przycisku S1. Pobór prądu zależy przede wszystkim od R10 – jest to głównie prąd diody LED.

1



2



Fotografia trójwymiarowa.  
Dostępna na: [www.elportal.pl/3d](http://www.elportal.pl/3d)

3

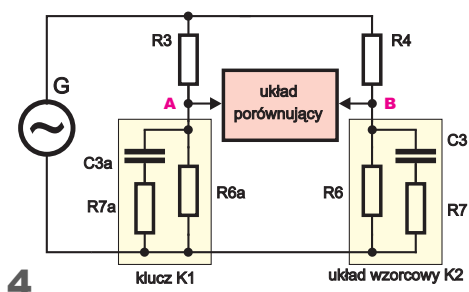
## Tylko dla dociekliwych – działanie układu

Opisywany układ zamka elektronicznego opiera swe działanie na porównaniu właściwości klucza z wzorcem. I kluczem, i wzorcem jest obwód składający się z dwóch rezystorów i kondensatora – w sumie jest to obwód RC. Porównywane są właściwości *dynamiczne* dwóch takich obwodów. Podstawowa idea pokazana jest na **rysunku 4**. Rezystory R3, R4 i obwody K1, K2 tworzą klasyczny mostek, a układ porównujący sprawdza napięcie na przekątnej tego mostka. Rezystory R3, R4 mają jednakową wartość, a więc jeśli elementy obwodów K1, K2 są jednakowe, to różnica napięć między punktami A, B jest równa zeru. Jeśli jednak obwody K1, K2 nie są jednakowe, wtedy na przekątnej mostka pojawi się napięcie  $U_{AB}$ . Układ porównujący wykryje to napięcie i nie dopuści do otwarcia zamka.

Aby uzyskać zerowy pobór prądu w spoczynku i możliwe mały podczas pracy, w omawianym układzie mostek nie jest zasilany przebiegiem przemiennym z generatora. Do porównania dynamicznych właściwości obwodów K1, K2 i napięć w punktach A i B wystarczy pojedynczy skok napięcia. W opisywanym układzie (patrz rysunek 1) układ porównujący jest bardzo prosty – tworzą go dwa tranzystory T1, T2 i rezystor R5. Jeśli w danej chwili wyższe jest napięcie w punkcie A, przewodzi tranzystor T2. Jeśli wyższe jest napięcie w punkcie B, przewodzi tranzystor T1. W obu przypadkach prąd płynie przez rezystor R5, co jest dowodem,

że obwody K1 (R6a, R7a, C3a), K2 (R6, R7, C3) nie są jednakowe. Oczywiście aby taki układ porównujący zareagował, różnica napięć  $U_{AB}$  musi sięgnąć około 0,6V, co jest zaletą, ponieważ pozwoli zignorować nieuniknione różnice wynikające z tolerancji elementów.

W spoczynku napięcie w punkcie Y jest równe zeru i mostek wraz z układem porównującym nie jest zasilany. Nie przewodzi żadne tranzystory i nie świeci dioda LED D1. Po naciśnięciu przycisku S1, w punktach X i Y pojawia się pojedynczy impuls. Dodatni impuls w punkcie Y powoduje zasilenie mostka. Jeśli porównywane obwody K1 (klucz) i K2 (R6, R7, C3) są jednakowe, to nie przewodzi żaden z tranzystorów T1, T2, a tym samym nie przewodzi też T3 – patrz **rysunek 5a**. Napięcie w punkcie D nie zmienia się –



4

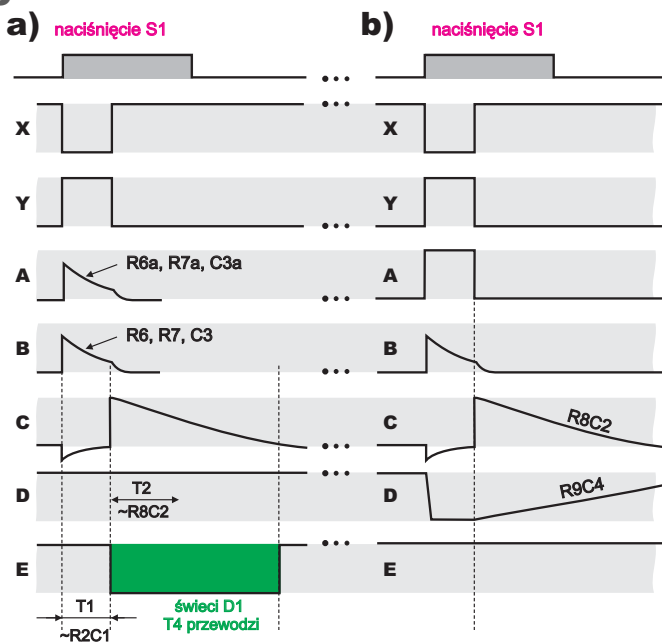
stale panuje tam stan wysoki, a kondensator C4 jest w pełni naładowany przez R9. W chwili zakończenia dodatniego impulsu w punkcie Y, zawsze pojawia się dodatnie zbocze w punkcie X. Oznacza to, że w każdym cyklu pracy, w punkcie C pojawia się dodatni impuls. Ponieważ przy dołączonym prawidłowym kluczu w punkcie D występuje stan wysoki, na wyjściu bramki U1A, czyli w punkcie E, pojawia się ujemny impuls o czasie wyznaczonym przez R8 i C2. Powoduje on zaświecenie zielonej lampki D1 i otwarcie tranzystora T4. Na zewnętrznym obciążeniu włączonym między punkt W a masę pojawia się impuls dodatni o czasie trwania ponad pół sekundy. Taki impuls może zostać wykorzystany czy to do wyłączenia alarmu, czy do uruchomienia jakiegoś mechanizmu uruchamiającego zamek.

Jeśli dołączony klucz zawiera elementy nieodpowiadające wzorcowym elementom R6, R7, C3 albo też jeśli klucz w ogóle nie został dołączony, to po naciśnięciu przycisku S1 pomiędzy punktami A, B pojawi się napięcie i zostanie otwarty jeden z tranzystorów T1, T2, a tym samym zostanie też otwarty tranzystor T3. Spowoduje to szybkie i pełne rozładowanie kondensatora C4. Gdy zakończy się

impuls w punkcie Y, przestanie przewodzić T3 i kondensator C4 zacznie się pomału ładować przez R9. Wtedy pojawi się też dodatni impuls w punkcie C. Nie spowoduje on jednak reakcji bramki U1A, ponieważ w punkcie D nadal będzie panował stan niski. Czas ładowania kondensatora C4 jest bowiem dłuższy niż czas impulsu w punkcie C (stała czasowa  $R9C4$  musi być większa niż  $R8C2$ ). Tym samym naciśnięcie S1 przy nieprawidłowym kluczu nie spowoduje zaświecenia D1 i otwarcia T4. Przykładowe przebiegi przy złym kluczu (ściślej przy braku klucza) pokazane są na **rysunku 5b**.

Przy takim działaniu układ w spoczynku nie pobiera prądu, a po naciśnięciu przycisku S1 układ pracuje i pobiera prąd

5



przez czas krótszy niż jedna sekunda.

W przedstawianym prościutkim układzie do prawidłowego działania konieczne jest naciśnięcie przycisku S przez czas większy od stałej czasowej R2C1, co jednak nie jest problemem, bo chodzi o czasy rzędu kilkunastu milisekund. Nie jest przewidziana funkcja antysabotażowa, więc jeśli ktoś miałby cierpliwość, mógłby metodą prób i błędów dobrać elementy klucza i otworzyć zamek. Do takiego „złamania szyfru” potrzebna jest jednak znajomość działania zamka i trzeba mieć zestaw elementów R i C. Celowo zastosowano takie uproszczone rozwiązanie, ponieważ układ ma przede wszystkim charakter edukacyjny, a ponadto w praktyce okazuje się, że często atutem jest nie tyle stopień trudności złamania szyfru, co niecodzienna konstrukcja, będąca zaskoczeniem dla potencjalnego włamywacza.

### Możliwości zmian

W razie potrzeby jako tranzystor T4 można wlutować tranzystor mocy PNP w obudowie TO-220.

Opisane dalej propozycje zmian przewidziane są dla bardziej zaawansowanych Czytelników, dobrze rozumiejących działanie układu.

Przede wszystkim w układzie można zmieniać stałe czasowe RC. Sygnałem wyjściowym prawidłowo otwieranego zamka jest ujemny impuls na wyjściu E i dodatni na wyjściu W, o czasie wyznaczonym przez R8C2. Impuls taki może być podany na przerzutnik T, gdzie każdy kolejny impuls powoduje zmianę stanu wyjścia na przeciwną. Taki przerzutnik można zrobić przez skrócenie cyklu licznika 4017 (połączyć trzecie wyjście z wejściem resetującym) albo z przerzutnika D (4013) czy JK (4027). Wtedy warto wykorzystać nie wyjście W, tylko punkt E, na którym występuje czysty sygnał logiczny.

Zaproponowana stała czasowa R8C2 jest duża i zapewnia na wyjściu W impuls

## Wykaz elementów (w kolejności lutowania)

	<b>Płytką główna</b>
1	zwora pod U1
2	R1 – 10kΩ (brąz-czar.-pom.-złoty)
3	R3 – 4,7kΩ (żółty.-fiolet.-czerw.-złoty)
4	R4 – 4,7kΩ (żółty.-fiolet.-czerw.-złoty)
5	R6 – 68kΩ (nieb.-szary-pom.-złoty)
6	R7 – 2,2kΩ (czerw.-czerw.-czerw.-złoty)
7	R8 – 1MΩ (brąz-czar.-zielony-złoty)
8	R9 – 1MΩ (brąz-czar.-zielony-złoty)
9	R10 – 1kΩ (brąz-czar.-czerw.-złoty)
10	R11 – 1kΩ (brąz-czar.-czerw.-złoty)
11	podstawka 14-pin pod U1
12	gniazdo goldpin – 2 piny
13	T1 – BC558B
14	T2 – BC558B
15	T4 – BC558B
16	T3 – BC548B (NPN)
17	R2 – 47kΩ (żółty.-fiolet.-pom.-złoty)
18	R5 – 100kΩ (brąz-czar.-żółty-złoty)
19	C1 – 330nF foliowy MKT
20	C3 – 330nF foliowy MKT
21	S1 – przycisk
22	D1 – LED zielona 3mm
23	C2 – 1uF foliowy MKT
24	C4 – 1uF foliowy MKT
25	C5 – 100uF/16V
26	dołączyć złączkę baterii (kijanę)
27	U1 – 4093 włożyć do podstawki
	<b>3 małe płytki - klucze</b>
3 szt.	R6 – 68kΩ (nieb.-szary-pom.-złoty)
3 szt.	R7 – 2,2kΩ (czerw.-czerw.-czerw.-złoty)
3 szt.	C3 – 330nF foliowy MKT
3 szt.	goldpin kątowny – 2 piny

**Komplet podzespołów z płytkami jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-767.**

o długości ponad 0,5 sekundy. W tym czasie świeci też dioda D1. Jeśli nie jest potrzebny tak długi czas impulsu i świecenia diody, można zmniejszyć pojemność kondensatorów C2, C4.

Odnosnie do elementów klucza i wzorca (R6, R7, C3, R6a, R7a, C3a) można powiedzieć, że główna stała czasowa klucza wyznaczona jest przez R7C3 (R7aC3a). Czas impulsu testującego, wyznaczony przez R2C1, powinien być co najmniej kilkakrotnie większy od stałej czasowej R7C3. Najprościej zastosować C1 o pojemności takiej samej, jak C3, a wtedy użyć R2 o wartości około dwudziestokrotnie większej od R7.

Jeśli urządzenie miało pracować w trudnych warunkach, można wlutować układ scalony bezpośrednio w płytkę drukowaną, dołączyć przycisk S1 i styki J1 przewodami, a całość zalać silikonem dla ochrony przed wpływami atmosferycznymi i wilgocią.

**Piotr Górecki**