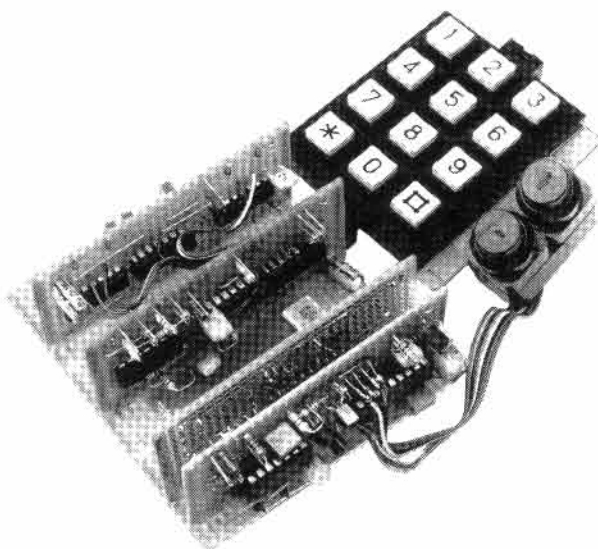


Dekodery DTMF

W cyklu omawiającym układy „telefoniczne” przedstawiamy przykłady dekoderek kodów DTMF.

Z założenia są one przeznaczone do współpracy z odbiornikiem DTMF (układem UM92870) opisanym w poprzednim numerze EP.

Przedstawione rozwiązania znajdują też szereg zastosowań w różnych układach sygnalizacyjnych i alarmowych. Z pewnością zainteresują również miłośników radia CB pragnących wyposażyć swój sprzęt w układ selektywnego wywołania.



W poprzednich numerach EP przedstawiliśmy dwa nadajniki, a ostatnio odbiornik sygnałów DTMF - układ UM92870. Kontynuując temat w tym artykule przedstawiamy kilka rozwiązań dekoderek sygnałów DTMF.

Ponieważ praktyka życiowa jest zawsze znacznie bogatsza niż można to przewidzieć, więc nie projektowaliśmy jednego konkretnego układu i płytki drukowanej do określonego zastosowania. Przedstawiamy natomiast kilka prostych rozwiązań. W wykonanym modelu zastosowaliśmy montaż na płytkach uniwersalnych, dzięki czemu nasi Czytelnicy mogą wprowadzić zmiany i dostosować układ do swoich potrzeb.

Jakie zadanie mają pełnić przedstawiane dekodery?

Na wyjściu odbiornika z układem UM92870, opisanego szcze-

gółowo w poprzednim numerze EP, otrzymujemy czterobitową liczbę reprezentującą jeden ostatnio odebrany sygnał DTMF.

Jeśli potrzebne jest dekodowanie tylko pojedynczych sygnałów DTMF, to wystarczy odbiornik uzupełnić szesnastobitowym dekoderek - w najtańszej wersji będą to dwie kostki CMOS 4028 i inwerter, na przykład w postaci tranzystora i dwóch rezystorów.

W praktyce, zwykle potrzebny jest układ, który potrafiłby zidentyfikować liczbę wielocyfrową, czyli określony ciąg sygnałów DTMF.

Proste rozwiązanie dekodera DTMF, którego schemat blokowy przedstawiono na **rysunku 1** jest układem dwustopniowym. Jest to układ przeznaczony do zdalnego sterowania różnymi urządzeniami przez telefon lub drogą radiową.

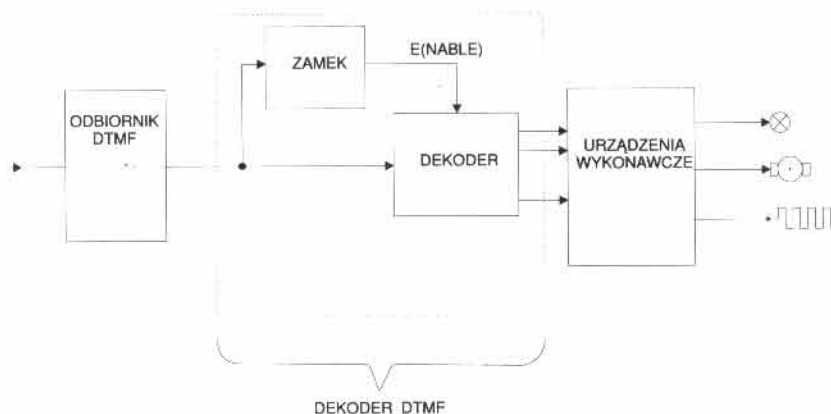
Pierwszy stopień pełni rolę zamka uniemożliwiającego osobom niepowołanym dostęp do naszych urządzeń i jest czterocyfrowym dekoderek „adresu”. Ten stopień może też pełnić rolę dekodera adresu w układach selektywnego wywołania. Schematelektryczny takiego układu pokazano na **rysunku 2**.

Najpierw należy podać liczbę-kłucz umożliwiającą „wejście do systemu”, a następnie rozkazy do urządzeń wykonawczych. Po zidentyfikowaniu właściwego adresu zostanie odblokowany drugi stopień dekodera rozpoznający dwucyfrowe kody odpowiadające poszczególnym rozkazom. W ten sposób, telefonując do domu w czasie swej nieobecności, po podaniu adresu można sprawdzić stan centrali alarmowej, włączyć lampy oświetleniowe i wiele innych urządzeń.

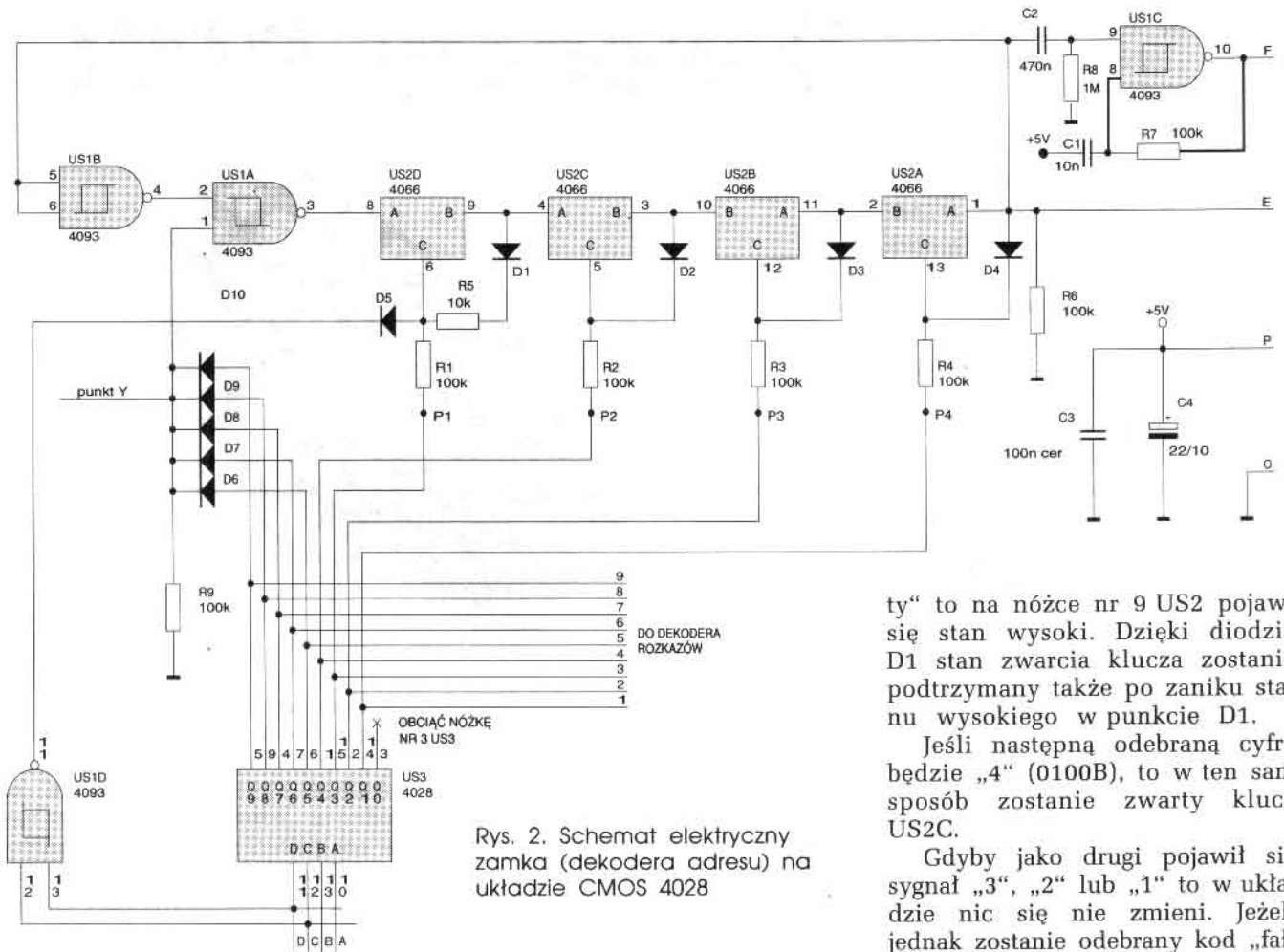
Schemat elektryczny dekodera rozkazów przedstawiony jest na **rysunku 3**.

Podobne rozwiązanie zawierają nowoczesne „automatyczne sekretarki”. Jednak ich „adres” zwykle składa się tylko z dwóch cyfr, z których pierwsza jest zaprogramowana fabrycznie. Rozkazy odczytu nagranych rozmów, zapisu własnych komunikatów są jednocyfrowe.

Jeśli nie jest potrzebny „zamek” z szyfrem, to należy zastosować dekoderek 4028 oraz układ z **rysunku 3** (tyle, że z bramkami dwuwęściowymi 4081).



Rys. 1. Schemat blokowy dekodera DTMF



Rys. 2. Schemat elektryczny zamka (dekodera adresu) na układzie CMOS 4028

ty“ to na nóżce nr 9 US2 pojawi się stan wysoki. Dzięki diodzie D1 stan zwarcia klucza zostanie podtrzymany także po zaniku stanu wysokiego w punkcie D1.

Jeśli następną odebraną cyfrą będzie „4“ (0100B), to w ten sam sposób zostanie zwarty klucz US2C.

Gdyby jako drugi pojawił się sygnał „3“, „2“ lub „1“ to w układzie nic się nie zmieni. Jeżeli jednak zostanie odebrany kod „fałszywy“ - w naszym przypadku jed-

Opis układu modelowego

Układ scalony US3 z rysunku 2 jest dekodernu kodu BCD na kod 1 z 10. Wyjście Q0 nie jest wykorzystywane, bo telefoniczemu znakowi „0“ odpowiada w rzeczywistości liczba 10 (1010B). Bramka US1D dekoduje kod znaku „#“ (1100B).

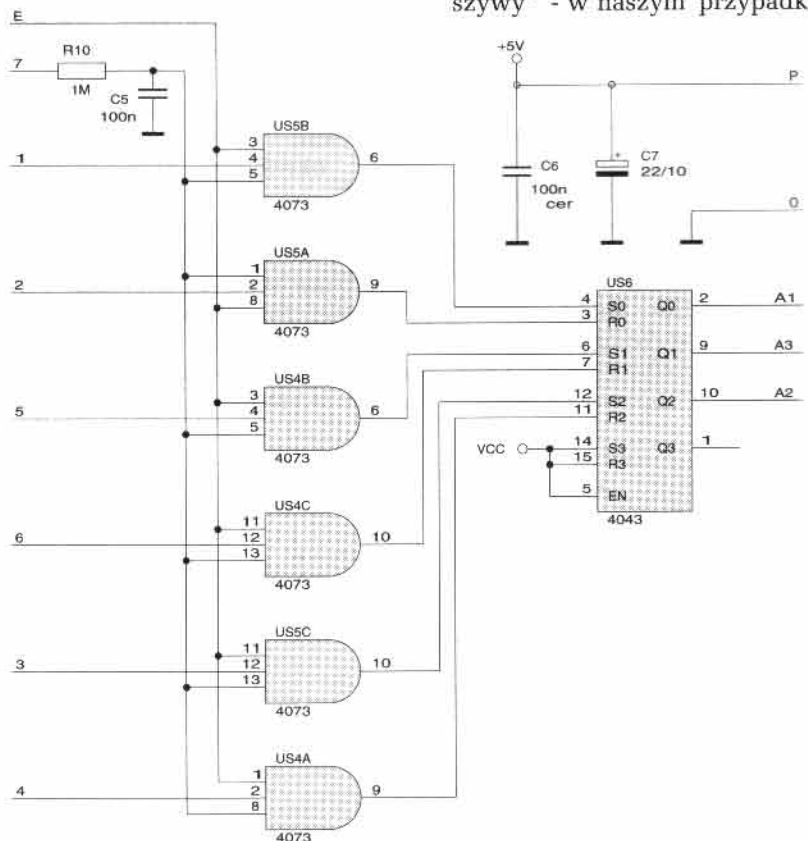
Aby wykorzystać wszystkie szesnaście kodów należałoby zastosować drugi dekodernu 4028 i inwerter włączony w obwód szyny D.

Blok z kluczami CMOS 4066 jest znanym układem dekodowania liczby czterocyfrowej.

Rozpatrzmy jego działanie.

Układ połączeń punktów P1 - P4, taki jak na rysunku 2, określa adres „3421“.

Jeśli na wejściach A, B, C, D pojawi się liczba „3“ (binarnie 0011), to na wyjściu Q3 układu US3 (nóżka 15) pojawi się stan wysoki. Na nóżce nr 1 bramki US1A występuje w tym czasie stan niski, a na jej wyjściu (n. 3) jest stan wysoki. W tej sytuacji, gdy klucz US1D zostanie „zwar-



Rys.3. Schemat elektryczny dekodera rozkazów

na z liczb „5”...„9”, to na nóżce 1 bramki US1C, dzięki diodom D6 - D10 pojawi się stan wysoki, a na wyjściu tej bramki stan niski. Spowoduje to zanik napięcia umożliwiającego pracę kluczy US2 i ich rozwarcie - układ zostanie „wyzerowany”. Zastosowanie takiego układu zerowania znakomicie zwiększa trudność włamania do systemu przez osoby niepowołane.

Po przyjęciu kolejno właściwych kodów zostaną otwarte wszystkie klucze układu US2.

Aby po przesłaniu rozkazów wyłączyć klucz przewidziano dodatkowy stopień dekodujący znak „#” (kod 1100B) w postaci bramki US2D. Pojawienie się tego kodu w każdej sytuacji zeruje cały układ.

Należy jednak zwrócić uwagę, że choć cyfry adresu mogą się powtarzać to jednakowe cyfry nie powinny występować obok siebie, bo sąsiednie klucze zostaną uruchomione tym samym sygnałem i zmniejszy to stopień zabezpieczenia klucza. Na pewno nie powinno się więc stosować adresów takich jak „3778”, „1933”, „2247”. W praktyce okazało się także (choć nie wynika to z prostej analizy działania układu), iż przy ustawieniu adresów takich jak „1818”, „9393”, „5656” otwarcie klucza następowało już po podaniu dwóch pierwszych cyfr. Spowodowane to jest występowaniem pojemności montażowych w obwodzie elektrod sterujących kluczy układu US2 oraz brakiem przerwy między kolejnymi cyframi adresu.

Nie ma natomiast przeszkód, aby pierwsza i ostatnia cyfra adresu były jednakowe.

Zastosowanie opisanego „zamka” jest też godne polecenia do wszelkich układów alarmowych, gdzie sprawa ochrony przed „złamaniem szyfru” jest jeszcze ważniejsza. W systemach alarmowych można zwiększyć ilość cyfr adresu do ośmiu dodając następne cztery klucze oraz zastosować dekodowanie wszystkich 12 (w pełnej wersji 16) kodów DTMF - liczba uzyskanych kombinacji wzrośnie do ponad stu milionów. Przy wykorzystaniu opisanego układu zerowania prawdopodobieństwo otwarcia przez osoby niepowołane zmniejszy się jeszcze

bardziej i zamek taki będzie praktycznie nie do otwarcia.

Jeśli opisany moduł „zamka” znajdzie zastosowanie w układach alarmowych to zamiast nadajnika i odbiornika kodu DTMF można wykorzystać klawiaturę lub podobne prostsze i tańsze rozwiązanie.

W naszym przypadku domowego sterowania całkowicie wystarczy adres czterocyfrowy.

Po wystąpieniu pożądanej sekwencji sygnałów DTMF, na wyjściu zezwalającym (punkt E) pojawi się stan wysoki. Na nóżce 9 bramki US1C pojawi się dodatni impuls o czasie trwania wyznaczonym przez elementy C2R8. Bramka US1C pełni rolę generatora - częstotliwość należy dobrać w zakresie 0,5...2kHz. Jak widać, musi to być bramka z wejściem Schmitta (4093), nie można natomiast użyć zwykłych bramek NAND 4011.

Dzięki temu układowi, po podaniu właściwego adresu i otwarciu zamka, do abonenta wywołującego zostanie wysłany impuls dźwiękowy - sygnał gotowości przyjęcia rozkazów sterujących.

Jednocześnie na wyjściu bramki US1B pojawi się stan niski, co zagwarantuje, że pojawiające się teraz sekwencje rozkazów zawierające „fałszywe” kody nie będą już powodować wyzerowania układu.

Dekoder rozkazów, którego schemat jest pokazany na rysunku 3, jest zbudowany z trójwejściowych bramek AND (4073) i przerzutników RS układu CMOS 4043.

Układ reaguje na rozkazy o numerach „71”...„76” i zawiera trzy przełączniki typu załącz/wyłącz. Rozkazy o numerach nieparzystych: „71”, „73” i „75” ustawiają stan wysoki na wyjściach A1...A3. Rozkazy parzyste zerują odpowiednio przerzutniki.

Zasada pracy jest bardzo prosta. Układ jest czynny dopiero po otwarciu zamka, czyli gdy w punkcie E pojawi się stan wysoki.

Dla jak najprostszego dekodowania rozkazów dwucyfrowych zastosowano opóźnienie sygnału pierwszej cyfry (w modelu jest to cyfra „7”) za pomocą elementów R10-C5. W ten sposób stan wysoki na kondensatorze C5 utrzymuje się jeszcze po odebraniu następ-

niego sygnału DTMF. W konsekwencji, po pojawieniu się ważnej sekwencji sygnałów DTMF, na wyjściu odpowiedniego dekodera pojawi się krótki impuls dodatni o czasie trwania zależnym od wartości elementów R10, C5. Użycie przerzutników RS zapewnia poprawną pracę także przy małej stromości zboczy impulsów z wyjść bramek US4 i US5 - nie trzeba stosować bramek z wejściem Schmitta.

Do wyjść A1 - A3 można dołączyć tranzystory wykonawcze sterujące przełącznikami lub optotriaki.

Jeśli celowe byłoby zastosowanie układów czasowych (uniwibratorów 4047 lub 4541) to mogą być one wyzwalane sygnałami z wyjść bramek US4 i US5.

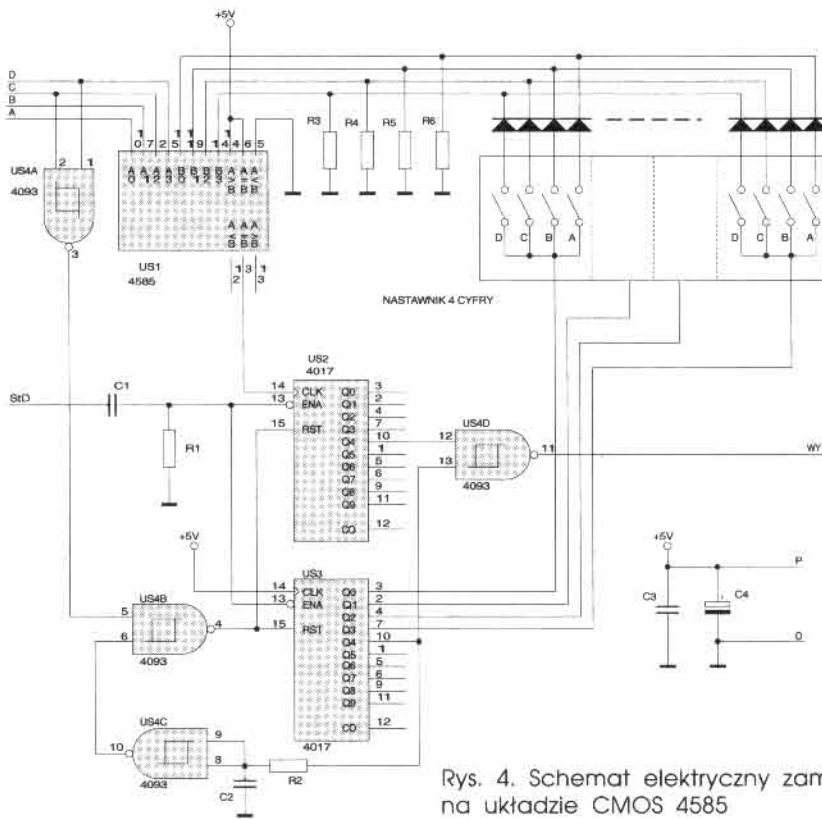
W ten prosty sposób można dekodować maksymalnie 72 rozkazy, bo rozkaz musi składać się z dwóch różnych cyfr (nie wykorzystujemy cyfry „0”).

Jeśli zamiast US3 zastosowalibyśmy dwa dekodery 4028 i inwerter, to moglibyśmy wykorzystać wszystkie 16 znaków kodu DTMF - problem jednak w tym, że tylko nieliczne nadajniki (aparaty telefoniczne) mogą wysyłać kody oznaczone „A”...„D”.

Zazwyczaj tak duża ilość rozkazów nie jest potrzebna, więc w naszym prostym układzie proponujemy zastosowanie jednego do trzech modułów dekodujących maksymalnie 18 rozkazów o numerach „71”...„76”, „81”...„86” i „91”...„96”. Taki wybór zapewnia pełną jednoznaczność. Gdyby wykorzystano wszystkie możliwości to na przykład przy dekodowaniu kolejnych rozkazów „21” i „35” zdekodowane (niepotrzebnie) zostałoby także przejście „13”. Aby temu zapobiec należałoby do każdego rozkazu dodawać „0” i nadawać „210” „350”. W naszym dekodерze nie ma takiej potrzeby.

Jeśli wystarczy osiem rozkazów (oczywiście jednocyfrowych), to zamiast bramek trójwejściowych należy zastosować dwuwejściowe (4081). W tej sytuacji można wykorzystać wszystkie cztery przerzutniki układu 4043.

Proponowane rozwiązanie ma jeszcze tę zaletę praktyczną, że rozkazy o numerach nieparzystych będą włączać wybrane urządzenie, a o numerach parzystych - wyłąc-



Rys. 4. Schemat elektryczny zamka na układzie CMOS 4585

czać. Ułatwi to użytkownikowi zapamiętanie numerów rozkazów.

Układ według rysunków 2 i 3 został wykonany i sprawdzony. Szczegółowe wskazówki dotyczące montażu zawarte są w końcowej części artykułu.

Inne rozwiązania dekodera

Dalsze rozwiązania pokazują inne sposoby wykonania dekodery i są propozycją do samodzielnego opracowania szczegółów i sprawdzenia układu.

Rysunek 4 przedstawia schemat elektryczny układu „zamek” - kilkucyfrowego dekodera wykorzystującego komparator cyfrowy CMOS 4585. Podobnie jak w poprzednim układzie kod „#” (1100B) wykorzystywany jest do zerowania układu. Tym razem wykorzystany jest sygnał odebrania nowego sygnału DTMF - jest to wyjście StD kostki UM92870. Po różniczkowaniu w obwodzie R1C1 sygnał ten zwiększa zawartość liczników US2 i US3. Stan licznika US3 zwiększa się po odebraniu każdego nowego sygnału DTMF, a stan licznika US2 zwiększa się tylko wówczas, gdy kod kolejnego odebranego sygnału jest taki sam jak liczba nastawiona na kolejnej pozycji nastawnika.

Jeśli odbierana jest sekwencja kodów identyczna jak liczba zaprogramowana w nastawniku, to oba liczniki pracują jednakowo. Po odebraniu prawidłowo czwartej cyfry na obu wejściach bramki US4d pojawi się stan wysoki, a na jej wyjściu - niski.

Jeśli zastosowany zostanie obwód R2 C2 US4C, to stan ten, świadczący o odebraniu zaprogramowanego adresu, będzie trwał krótko przez czas wyznaczony przez R2C2.

Jeżeli, tak jak poprzednio, układ po odebraniu prawidłowego adresu ma być niewrażliwy na dalsze odbierane sygnały, należy połączyć wejścia A=B układu (nóżka 6) z wejściem CLK układu US3 (n. 14) i wyjściem bramki US4D (n. 3) i odłączyć obwód R2 C2 US4C (oba wejścia bramki US4B połączyć z wyjściem US4A).

Podobnie jak w poprzednim układzie, również i tu nie należy wykorzystywać cyfry „0”.

W tym rozwiązaniu ilość cyfr adresu może zostać bez problemu zwiększona do dziewięciu.

W układach selektywnego wywołania w sieci radiowej korzystne będzie zastosowanie uniwersalnego dekodera. Na szczególną uwagę zasługuje tu układ CMOS 4541,

którego oscylator może pracować jako źródło akustycznego sygnału wywołania o częstotliwości na przykład 1kHz, przy czym czas trwania takiego sygnału wywołującego będzie wynosił w zależności od stanu wejść programujących 0,12; 0,5; 4 lub 16 sekund.

Montaż i uruchomienie

Układy z rysunków 2 i 3 zmontowano na dwóch płytkach uniwersalnych PU-02 według rysunków 5 i 6.

Fotografia wstępna przedstawia zespół zawierający moduły nadajnika i odbiornika DTMF (opisane w poprzednich numerach EP) oraz moduły dekodera wykonane według rysunków 2 i 3. Płytę nośną zespołu stanowi kawałek (jedna czwarta) dużej płytki uniwersalnej PU-02.

Na rysunku 5 nie pokazano połączeń programujących (punkty D1 - D4), a diody D6 - D10 są narysowane poza obrysem płytki. Te połączenia należy wykonać stosownie do wybranego cztero-cyfrowego adresu.

Pierwszym etapem montażu jest zaznaczenie i wykonanie niezbędnych zwór. W układzie „zamek” trzeba też przeciąć cztery ścieżki - odpowiednie punkty zaznaczono na rysunku 4 literą X. W dalszej kolejności montuje się elementy bierne i czynne.

Ponieważ wyjście „0” układu US3 nie jest wykorzystane, a is-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1-R4, R6, R7, R9: 100kΩ
- R5: 10kΩ
- R8, R10: 1MΩ

Kondensatory

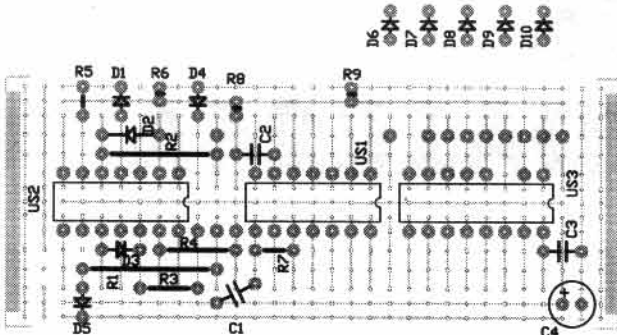
- C1: 100nF
- C2: 470nF
- C3, C6: 100nF ceramiczny
- C4, C7: 22µF/10V
- C5: 100nF

Półprzewodniki

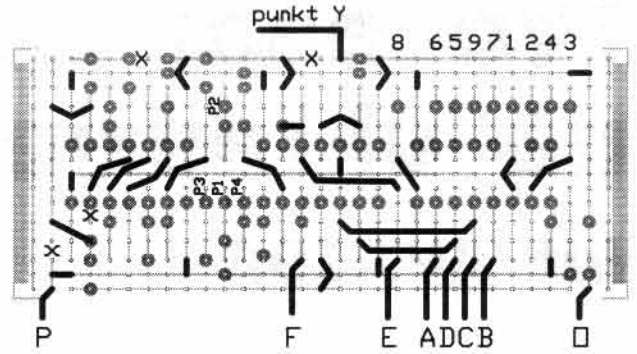
- D1-D10: dowolne krzemowe np. 1N4148
- US1: CMOS 4093
- US2: CMOS 4066
- US3: CMOS 4028
- US4, US5: CMOS 4073
- US6: CMOS 4043

Różne

- płytki uniwersalna 2 szt.



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce układu z rys. 2



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płytce układu z rys. 3

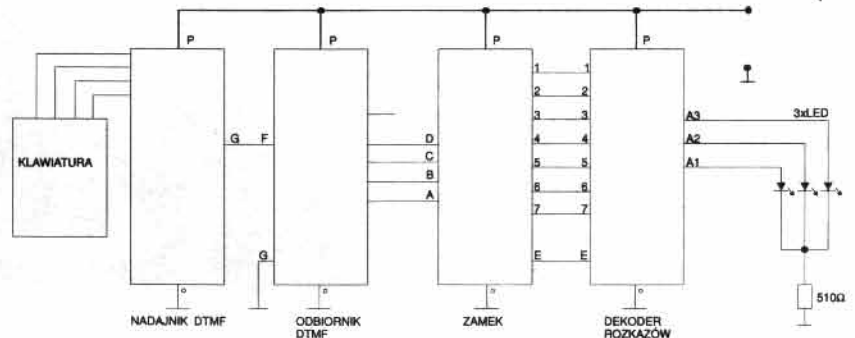
tniejąca ścieżka jest wykorzystana w obwodzie wyjścia „1”, więc nóżkę nr 3 układu US3 należy koniecznie obciążyć.

Po zmontowaniu elementów należy przewodami wykonać połączenia punktów obu modułów oznaczone na schematach cyframi 1...7.

Przy montażu i sprawdzaniu układu nie wystąpiły trudności. Jak zwykle, przy układach montowanych na płytkach uniwersalnych należy szczególnie starannie sprawdzić prawidłowość montażu według schematów elektrycznych i montażowych. Najczęściej kłopoty wynikają właśnie z błędów w montażu.

Układy modelowe były sprawdzane w układzie testowym pokazanym na rysunku 7.

Pierwszym etapem uruchamiania powinno być sprawdzenie poprawności działania „zamka” (rysunki 2 i 4). Należy dołączyć woltomierz do punktu E i spraw-



Rys. 7. Układ testowy do sprawdzania modułów dekodera DTMF

dzić, czy po wybraniu zaprogramowanego adresu pojawi się tu stan wysoki. Po naciśnięciu klawisza # stan wyjścia E musi zmienić się na niski.

Jeśli tak nie jest należy sprawdzić stany poszczególnych kluczy po naciśnięciu kolejnych cyfr adresu.

W modelu w roli elementów wykonawczych zastosowano trzy diody LED dołączone do wyjść A1...A3 modułu dekodera rozkazów.

Pracę dekodera rozkazów sprawdza się przy stanie wysokim na linii E - należy nadawać roz-

kazy od „71” do „76”. Kolejne diody LED powinny zapalać się i gasnąć.

W najbliższym czasie przedstawimy dalsze układy związane z telekomunikacją, między innymi długo oczekiwany abonencki licznik rozmów telefonicznych i układ interfejsu telefonicznego.

Piotr Górecki, AVT

Uwaga! Urządzenia nie posiadające homologacji Ministerstwa Łączności nie mogą być podłączone do publicznej sieci telefonicznej.