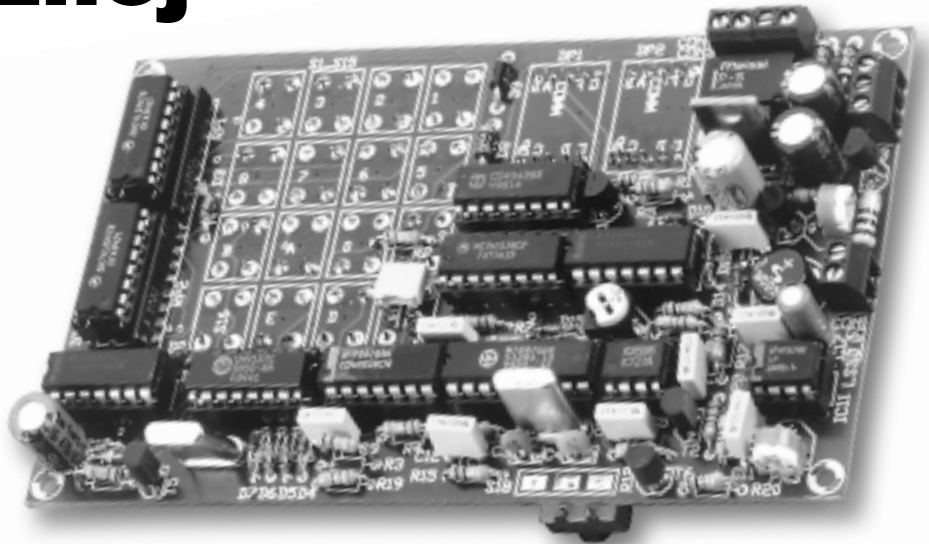


Emulator linii telefonicznej

AVT-850

Chciałbym dzisiaj zaproponować Czytelnikom EP budowę linii telefonicznej. Nie, nie chodzi tu o stworzenie niecej konkurencji tak przez nas wszystkich kochanej TP SA, ale o układ mogący być użytecznym elementem wyposażenia naszego laboratorium.



Układ ten zaprojektowałem początkowo do własnego użytku. Miałem do wykonania kilka projektów urządzeń współpracujących z linią telefoniczną i pracujących z wykorzystaniem kodu DTMF, a perspektywa używania do testowania wykonanych urządzeń domowej linii telefonicznej i aparatu wydawała mi się mało zachęcająca. Postanowiłem zatem wykonać laboratoryjny symulator linii telefonicznej, który radykalnie powinien uprościć czekającą mnie pracę.

Ze względu na specyfikę układów, które miałem przetestować, symulator linii telefonicznej ukierunkowany został głównie na testowanie nadawania i odbioru kodu DTMF, ale posiada wbudowane także inne funkcje ułatwiające sprawdzanie układów, które mają zostać dołączone do linii telefonicznej. Takimi urządzeniami mogą być wszelkiego typu aparaty telefoniczne, modemy, automatyczne sekretarki i urządzenia zdalnego sterowania poprzez linię telefoniczną.

Proponowany układ pełni jeszcze jedną, wielce użyteczną funkcję. Jak wiadomo, dołączanie jakichkolwiek urządzeń nie posiadających właściwych atestów do linii telefonicznej jest zakazane przepisami, a w szczególności dotyczy to układów, które w założeniu mogą nie działać sprawnie,

czyli prototypów. Posiadając symulator linii telefonicznej możemy sobie używać do woli, bez obawy o uszkodzenie linii telefonicznej bądź narażenia się na przykrości.

Co właściwie potrafi układ, który tak zachwalam? Wymieńmy w punktach jego możliwości:

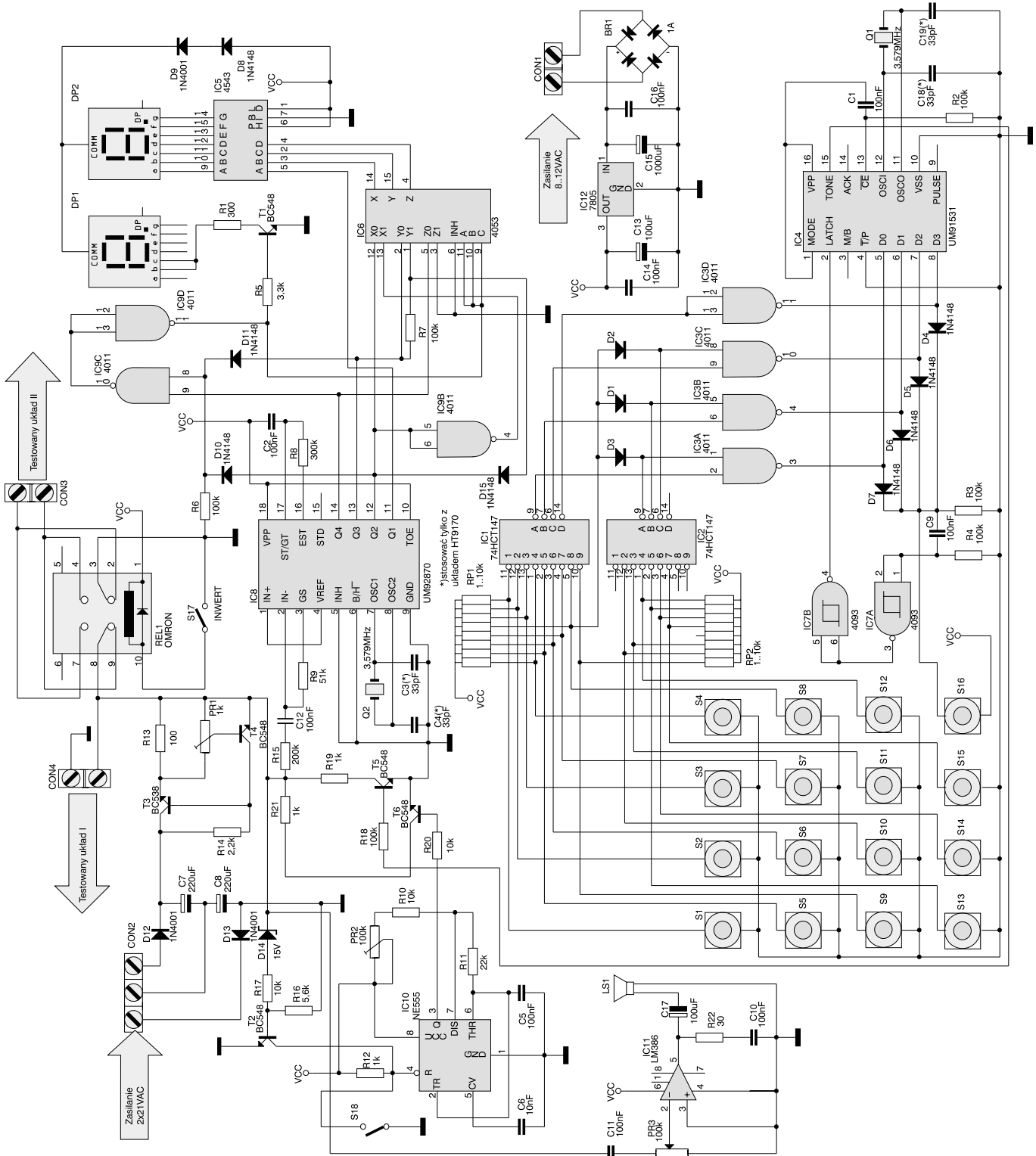
1. Układ dostarcza do testowanych urządzeń napięcia właściwego dla linii telefonicznych, które najczęściej wynosi ok. 60V

2. Po obciążeniu linii przez odbiornik o rezystancji zbliżonej do typowego aparatu telefonicznego, napięcie na niej spada do ok. 10..15V. Nasz układ zachowuje się jak źródło prądowe, w przybliżeniu podobnie jak linia telefoniczna.

3. Układ może wygenerować i wysłać do „linii telefonicznej” dowolny z 16 kodów DTMF, także te kody, które normalnie nie są stosowane w telekomunikacji.

4. Układ jest w stanie odebrać dowolny kod DTMF i przedstawić go w postaci liczby dziesiętnej z zakresu od 0 do 15.

5. Układ jest w stanie odwrócić polaryzację napięcia doprowadzonego do badanego urządzenia, co może być użyteczne w przypadku badania zachowania się testowanych urządzeń dołączonych do starszych typów central telefonicznych.



Rys. 1. Schemat elektryczny głównej części emulatora linii telefonicznej.

6. Układ umożliwia wysłanie do testowanych urządzeń sygnałów typowych dla linii telefonicznej: sygnału gotowości (ciągły ton 440Hz) oraz, po minimalnej rozbudowie sygnału zajętości, oczekiwania na połączenie i impulsów przywołania (dzwonienia).

7. Ponieważ nie wszystko możemy zbadać i przeanalizować na

podstawie danych otrzymywanych z przyrządów pomiarowych, nasz symulator linii telefonicznej został wyposażony w podsłuch, umożliwiający słuchowe sprawdzenie kontroli nad tym, co dzieje się w naszej linii telefonicznej. Układ linii telefonicznej jest stosunkowo skomplikowany, ale koszt potrzebnych do jego budo-

wy elementów jest relatywnie niezbyt wysoki. Relatywnie, ponieważ układ jest polecany przede wszystkim osobom zajmującym się konstruowaniem i serwisem urządzeń współpracujących z liniami telefonicznymi. W ich przypadku ułatwienie sobie pracy i skrócenie czasu potrzebnego do jej wykonania ma priorytetowe znaczenie.

Opis działania układu

Schemat elektryczny głównej części symulatora linii telefonicznej pokazano na **rys. 1**. Schemat wygląda na dość skomplikowany, ale zaraz podzielimy go na bloki funkcjonalne, które osobno omówimy.

1. *Układ źródła prądowego* został zrealizowany z wykorzystaniem dwóch tranzystorów pracujących w typowej konfiguracji prostego ogranicznika prądowego. Prąd pobierany z linii możemy regulować za pomocą potencjometru montażowego PR1.

2. *Układ analizujący kody DTMF* występujące w linii. W najprostszej postaci monitor analizujący kody DTMF mógłby się składać jedynie z dekodera kodu DTMF i czterech diod LED sygnalizujących aktualny stan wyjść dekodera. Jednak takie urządzenie nie byłoby zbyt wygodne w użyciu, szczególnie dla tych Czytelników, którzy nie mają jeszcze wprawy w tłumaczeniu „w głowie“ kodu dwójkowego na postać dziesiętną. Dlatego też zastosowałem w układzie dekodery liczby czterobitowej zapisanej w kodzie binarnym na postać dziesiętną, współpracujący z popularnym układem typu UM92870.

UM92870 jest scalonym dekoderym kodu DTMF, umożliwiającym przekodowanie odebranych sygnałów do postaci liczby czterobitowej. Układ wyposażony jest w przedwzmacniacz o dużej czułości, umożliwiający analizowanie sygnałów o niewielkiej amplitudzie. Po odebraniu ważnej transmisji DTMF, na wyjścia Q1..Q4 układu wysłana zostaje liczba będąca binarnym odpowiednikiem odebranego kodu. Stany na wyjściach układu są zapamiętywane (zatrzaszkowane) aż do czasu odebrania kolejnej transmisji. Układ UM92870 jest obecnie dość trudno nabyć, ale na szczęście posiada dwa odpowiedniki, zarówno funkcjonalne, jak i „pinowe“. Jednym z nich jest układ MT8870, a drugim układ, coraz lepiej znany w naszym kraju, firmy HOLLTEK - HT9170 (tylko w obudowie DIP18).

Odebrany z linii sygnał DTMF jest przekazywany na wejście IN-dekodera, a następnie na wyjściach Q1..Q4 ukazuje się liczba

binarna określająca numer odebranego sygnału. Moglibyśmy odczytać tę wartość za pomocą czterech diod LED dołączonych do wyjść układu, ale jak już wspomniałem byłoby to rozwiązanie mało eleganckie. Dlatego też zastosowałem w układzie prosty dekodery liczby czterobitowej na postać dziesiętną.

Dekodując dowolne stany wyjściowe układu czterobitowego otrzymamy liczby z zakresu od 0 do 15, które musimy wyświetlić na podwójnym wyświetlaczu 7-segmentowym. Dla uproszczenia konstrukcji zakładamy, że pierwszy wyświetlacz w zakresie liczb od 0 do 9 jest wygaszony i dopiero po przekroczeniu stanu 9 zapala się na nim 1. Dekoder BCD/7 segmentów zbudowany z wykorzystaniem układu 4543 (IC5) steruje drugim wyświetlaczem. Elektroniczny przełącznik 4053 - IC6 kieruje na dekodery bądź sygnały przychodzące z układu IC8 (odpowiadające sygnałom z badanej linii), bądź też specjalnie „spreparowane“ sygnały potrzebne do zapalenia na wyświetlaczu cyfr od 0 do 5 przy wyświetlaniu liczb z zakresu 10..15

3. *Układ kodera DTMF - dialera*. Jak widać, sercem układu dialera jest scalony koder DTMF typu UM91531 produkcji firmy UMC. Nie jest to układ najnowszej generacji, ale do jego zastosowania skłoniła mnie jego niska cena i łatwość nabycia. Pomimo dość sędziwego wieku UM91531

charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami, a ponadto potrzebuje do działania tylko jednego elementu zewnętrznego - rezonatora kwarcowego 3,579MHz. Nie sądzę więc, aby układy nowszej generacji mogły w klasie prostych koderów DTMF zaoferować coś więcej.

Układ UM91531 przeznaczony jest w zasadzie do współpracy z systemami mikroprocesorowymi oraz komputerowymi i został już przeze mnie wykorzystany w takim systemie. W jednym z najbliższych numerów Elektroniki Praktycznej zostanie opublikowany opis interfejsu DTMF przeznaczonego do współpracy z komputerem PC, w którym udało mi się wykorzystać wszystkie możliwości oferowane nam przez UM91531. Jednak w naszym urządzeniu układ ten jest „ręcznie sterowany“, co pociągnęło za sobą pewną, niewielką zresztą, komplikację układu.

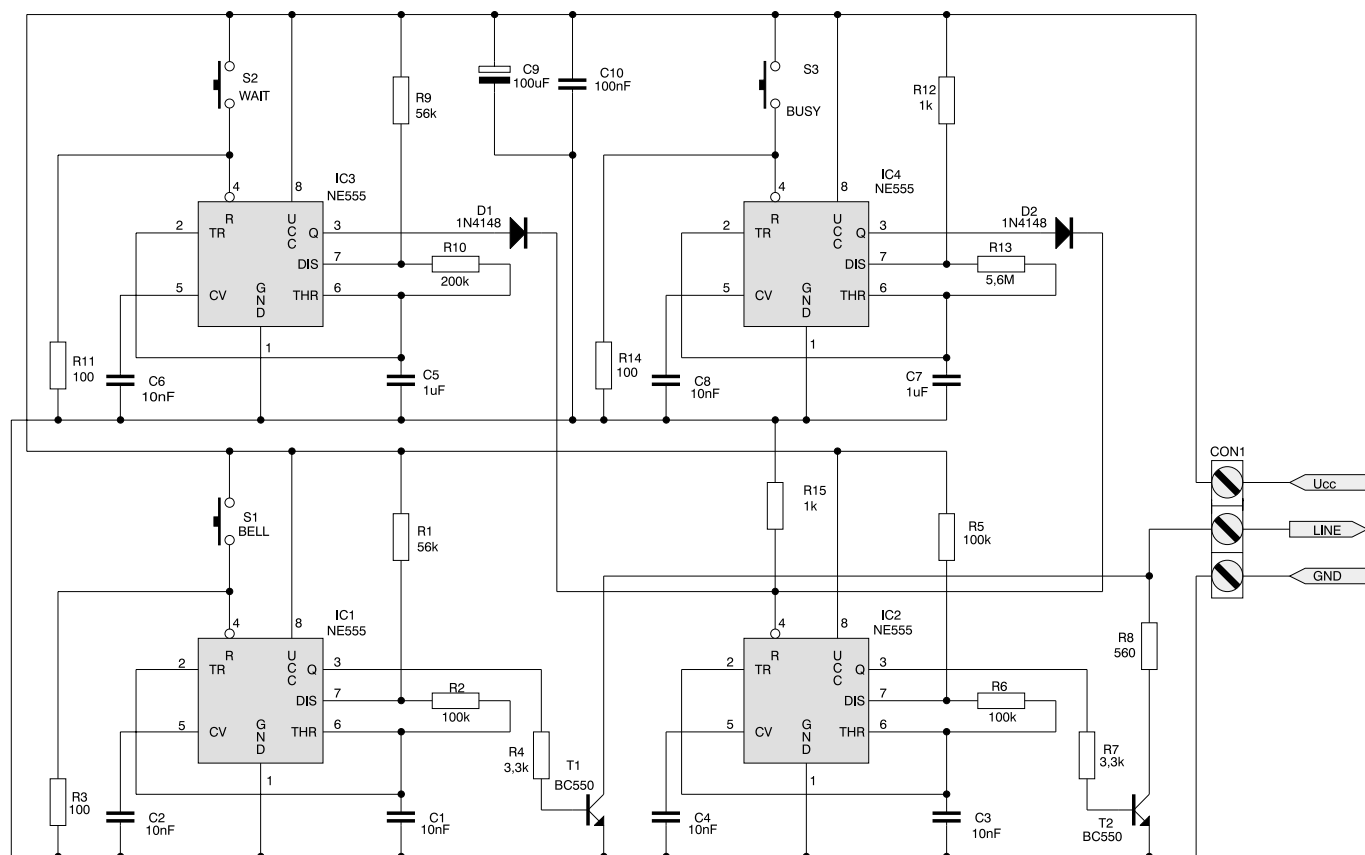
Aby w pełni wyjaśnić zasadę działania naszego dialera, warto szerzej omówić niektóre funkcje realizowane przez układ UM91531. Kolejność operacji potrzebnych do wygenerowania danego kodu DTMF jest następująca:

1. Układ UM91531 musi zostać przygotowany do pracy przez podanie stanu niskiego na wejście zezwolenia CE. Stan niski na tym wejściu powinien być utrzymywany przez cały czas pracy układu.

2. Na wejściach danych D0..D3 musi zostać ustawiona liczba

Tab. 1. Sygnały DTMF emitowane przez UM91531.

Klawisz	Znak	Ton niski Hz	Ton wysoki Hz	Stan wejść układu U M91531				Liczba wyświetlana przez dekodery
				D	C	B	A	
S1	1	697	1209	0	0	0	1	1
S2	2	697	1336	0	0	1	0	2
S3	3	697	1477	0	0	1	1	3
S4	4	770	1209	0	1	0	0	4
S5	5	770	1336	0	1	0	1	5
S6	6	770	1477	0	1	1	0	6
S7	7	852	1209	0	1	1	1	7
S8	8	852	1336	1	0	0	0	8
S9	9	852	1477	1	0	0	1	9
S10	0	941	1336	1	0	1	0	10
S11	*	941	1209	1	0	1	1	
S12	#	941	1477	1	1	0	0	
S13	A	697	1633	1	1	0	1	
S14	B	770	1633	1	1	1	0	
S15	C	852	1633	1	1	1	1	
S16	D	941	1663	0	0	0	0	



Rys. 2. Schemat elektryczny układu dodatkowych funkcji emulatora linii telefonicznej.

w kodzie dwójkowym odpowiadająca numerowi kodu DTMF, który mamy zamiar wygenerować.

3. Proces generacji tonu inicjowany jest przez podanie impulsu dodatniego na wejście LATCH. Podczas dodatniego zbocza tego impulsu dane z wejść D0..D3 przepisywane są do wewnętrznych rejestrów układu i od tej chwili stan wejść danych przestaje mieć jakiegokolwiek znaczenie. Jest to szczególnie ważne podczas współpracy układu z systemem mikroprocesorowym lub komputerem.

4. Opadające zbocze impulsu na wejściu !CE (IC4) powoduje rozpoczęcie generowania sygnału DTMF. Jednocześnie stan wyjścia informacyjnego ACK zmienia się z wysokiego na niski.

5. Stan niski na wyjściu ACK będzie utrzymywał się przez cały czas potrzebny na wygenerowanie sygnału oraz przez okres przerwy pomiędzy kolejnymi tonami DTMF, łącznie przez 70ms.

6. Po ponownym wystąpieniu na wyjściu ACK stanu wysokiego układ przygotowany jest do wykonania polecenia generacji kolejnego sygnału. Sygnalizacja stanu układu na wyjściu ACK jest wiel-

kim udogodnieniem dla projektantów systemów mikroprocesorowych i urządzeń współpracujących z komputerami.

Warto jeszcze zapoznać się z częstotliwościami generowanymi przez układ tonów oraz ze sposobem ich prezentacji przez wbudowany w układ dekodery. W tab. 1 zebrano charakterystyki wszystkich sygnałów stosowanych w transmisji DTMF.

Wiemy już wystarczająco dużo na temat układu UM91531 i transmisji DTMF, aby móc powrócić do naszego układu. Jedynym problemem, na jaki napotkałem podczas jego projektowania, było wprowadzanie danych z szesnastoprzyciskowej klawiatury. Problem sprowadzał się do zbudowania transkodera 1 z 16 na kod binarny. Ponieważ nie znalazłem pojedynczego układu scalonego, który realizowałby tę funkcję, postanowiłem zastosować w projektowanym układzie dwa transkodery 1 z 10 na kod BCD typu 74HCT(LS)147.

Klawiatura układu składa się z szesnastu klawiszy: piętnaście z nich zwierają odpowiednie wejścia dekodery IC1 i IC2 do masy

zasilania, a szesnasty klawisz pełni nieco odmienną funkcję, którą omówimy dalej. Działanie pierwszych 9 klawiszy, dołączonych do wejść IC1, jest oczywiste: naciśnięcie któregoś z nich powoduje wystąpienie na wyjściu tego układu zanegowanego kodu BCD odpowiadającego naciśniętemu klawiszowi. Po powtórnym zanegowaniu przez bramki zawarte w strukturze układu IC3 kod BCD zostaje podany na wejścia danych układu IC4. W ten sposób kodowane są tony od „1” do „9”.

Rozpatrzmy teraz, w jaki sposób będziemy wysyłać tony od „0” do „C”. Część klawiatury odpowiedzialna za generację tej grupy tonów została dołączona do drugiego dekodera - IC2, do wejść od 2 do 7. Zatem przy naciśnięciu kolejnych klawiszy tej grupy, na wyjściu dekodera pojawiać się będą kolejno stany pokazane w tab. 2.

Wydaje mi się, że tab. 2 w wyczerpujący sposób wyjaśnia działanie tej części układu i rolę, jaką pełnią diody D1..D3, nie wymaga już komentarza.

Fragment układu z bramkami NAND (IC7A, IC7B) służy do

wytwarzania impulsu inicjującego generację tonu DTMF przez układ UM91531. Pojawienie się stanu wysokiego na którymkolwiek z wejść danych tego układu powoduje powstanie krótkiego impulsu ujemnego na wyjściu bramki IC7A, który po zanegowaniu podawany jest na wejście LATCH IC4 powodując rozpoczęcie generacji tonu DTMF natychmiast po naciśnięciu któregokolwiek z pierwszych 15 klawiszy.

Pozostał nam jeszcze ostatni ton DTMF: ton „D” generowany przy stanie wejść IC4 „0000”. Jego generację inicjujemy w najprostszym sposobie: przez podanie krótkiego impulsu dodatniego bezpośrednio na wejścia bramki IC7A. Naciśnięcie przycisku „D” nie powoduje zwarcia jakiegokolwiek z wejść dekodatorów IC1 lub IC2 do masy, na wszystkich wyjściach tych układów panuje stan wysoki, a tym samym na wejściach IC4 stan niski, co pozwoli na wygenerowanie tonu „D”.

4. *Układ generacji ciągłego tonu gotowości centrali.* Charakterystyczny ton 440Hz, który słyszymy po podniesieniu słuchawki, może być niezbędny podczas np. testowania modemów, które wykrywają jego obecność i traktują jako zezwolenie na rozpoczęcie wybierania numeru telefonu. W naszym układzie ton 440Hz wytwarzany jest przez typowo skonstruowany generator impulsów prostokątnych, zrealizowany na popularnym układzie NE555 - IC10. Należy zauważyć, że generacja tego tonu możliwa jest dopiero po „podniesieniu słuchawki”, czyli po obniżeniu się napięcia w linii do poziomu poniżej 15V i może być zablokowana za pomocą przełącznika S18.

5. *Odwracanie biegunowości linii telefonicznej.* Ten fragment układu został zrealizowany w najprostszym sposobie: za pomocą przełącznika REL1, który odwraca polaryzację napięcia na testowanym układzie dołączonym do złącza CON3 (do złącza CON4 może być dołączone drugie urządzenie, na którym odwrócenie polaryzacji nie jest możliwe).

6. *Podsluch linii telefonicznej.* Ta część układu, umożliwiająca słuchanie wszelkich sygnałów akustycznych występujących w linii telefonicznej, została zrealizowana z wykorzystaniem „dyżurnego” wzmacniacza m.c.z. małej mocy typu LM386 - IC11. Sygnał akustyczny pobierany jest z linii za pośrednictwem kondensatora C11, a natężenie sygnału akustycznego możemy regulować za pomocą potencjometru montażowego PR3.

7. *Zasilanie układu.* Ze względu na relatywnie wysokie napięcie występujące w linii telefonicznej zasilanie układu ze wspólnego źródła okazało się dość kłopotliwe w realizacji i postanowiłem wyposażać naszą „linię telefoniczną” w dwa zasilacze: jeden wysokonapięciowy, dostarczający niestabilizowanego napięcia +60VDC, zbudowany na diodach D12 i D13, i drugi, niskonapięciowy, zrealizowany z wykorzystaniem scalonego stabilizatora napięcia 7805 - IC12. W wykonaniu „praktycznym” do złącza CON2 należy dołączyć transformator sieciowy o symetrycznym uzwojeniu wtórnym i napięciu ok. 2x21VAC, a do złącza CON1 transformator o napięciu uzwojenia wtórnego ok. 8..12VAC i odpowiedniej wydajności prądowej.

Jak już wspomniałem, układ „sztucznej linii telefonicznej” zaprojektowałem pod kątem własnych potrzeb i wyposażylem go

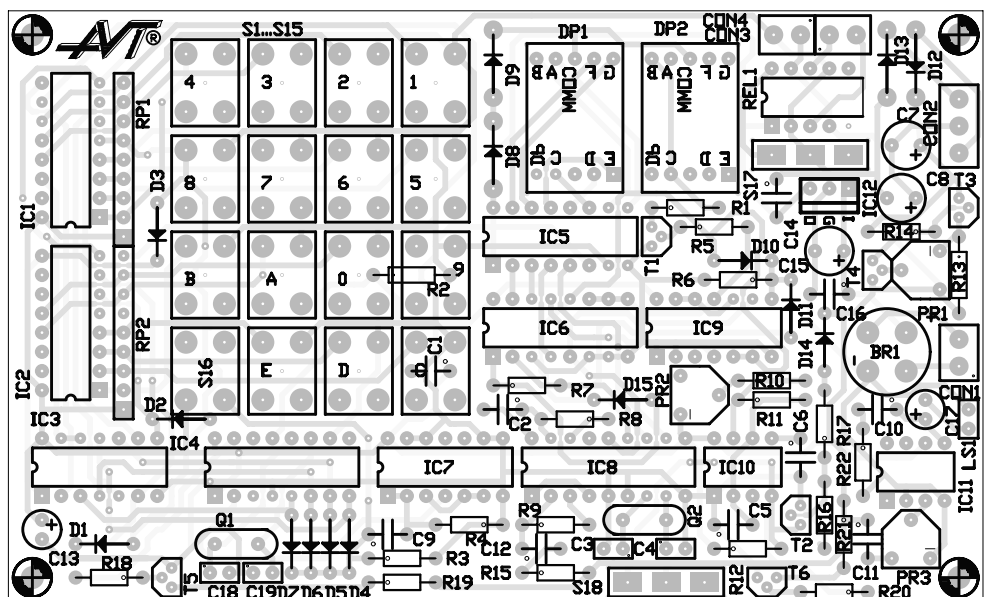
Tab. 2.

Ton	Wyjścia IC2			Wy. D IC1	Wejścia IC4			
	C	B	A		D3	D2	D1	D0
0	1	0	1	0	1	0	1	0
*	1	0	0	0	1	0	1	1
#	0	1	1	0	1	1	0	0
A	0	1	0	0	1	1	0	1
B	0	0	1	0	1	1	1	0
C	0	0	0	0	1	1	1	1
D	Patrz opis w tekście							

tylko w te funkcje, które były mi aktualnie potrzebne. Jednak przed publikacją na łamach Elektroniki Praktycznej postawiłem układ rozbudować i wyposażyć go w dodatkowe możliwości, które mogą okazać się użyteczne dla Czytelników. Uznałem jednak, że powiększanie i tak już sporej i kosztownej płytki obwodu drukowanego, wykonanej na laminacie dwustronowym, nie miałyby sensu i dodatkowe układy zostały umieszczone na osobnej, jednostronnej płytce. Ich schemat pokazano na rys. 2.

Dodatkowe funkcje emulatora

1. *Sygnał przywołania (dzwonienia).* Ciąg impulsów prostokątnych o częstotliwości ok. 20Hz wytwarzany jest przez generator zbudowany na układzie IC1 i doprowadzany do bazy tranzystora T1, który zwiera linię telefoniczną powodując powstawanie w niej impulsów o amplitudzie równej pełnemu napięciu występującemu



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce bazowej emulatora linii telefonicznej.

w linii. Nasuwa się tu jedna uwaga: część central telefonicznych stosuje sygnał przywołania o kształcie sinusoidalnym, a nie prostokątnym. Przeprowadzone próby wykazały jednak, że wszystkie dołączane do układu urządzenia (sekretarki, modemy i telefony) rozpoznawały prawidłowo sygnał prostokątny i traktowały go jako zwykły sygnał przywołania. Generacja sygnału przywołania uruchamiana jest za pomocą przycisku S1.

2. *Sygnal oczekiwania i zajętości wybranego numeru.* Charakterystyczne tony, które słyszemy podczas oczekiwania na nawiązanie połączenia i w przypadku zajętości wybranego numeru, wytwarzane są przez generator zbudowany z wykorzystaniem kolejnego multiwibratora NE555 - IC2. Generator ten może być kluczowany z dwóch źródeł: z generatora IC3 lub IC4. Wartości elementów pierwszego z generatorów zostały dobrane tak, że po jego uruchomieniu za pomocą przycisku S2 wytwarzany jest sygnał oczekiwania. Generator z IC4 pozwala na wytwarzanie sygnału zajętości wybranego numeru.

Dodatkowy moduł dołącza się do płytki głównej układu za pomocą złącza CON1, zgodnie z opisem na schemacie.

Montaż i uruchomienie

Na rys. 3 i 4 pokazano rozmieszczenie elementów na płytkach obwodów drukowanych. Płytkę układu głównego wykonana została na laminacie dwustronnym z metalizacją, a płytkę układów dodatkowych na laminacie jednowarstwowym. Montaż części głównej układu wykonujemy w typowy sposób, ale pamiętając, że:

1. wyświetlacze siedmiosegmentowe DP1 i DP2,
2. przyciski microswitch S1..S16,
3. przełączniki suwakowe S17 i S18

lutujemy do płytki od strony druku (umownej), tj. od strony lutowania! W przypadku wyświetlaczy siedmiosegmentowych ich wlutowanie po stronie elementów uniemożliwi poprawne funkcjonowanie układu!

Pozostałą część montażu wykonujemy w typowy sposób, rozpo-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

PR1, PR2, PR3: potencjometr montażowy miniaturowy 100kΩ
 RP1, RP2: R-pack SIL 1..10kΩ
 R1: 300Ω
 R2, R3, R4, R6, R7, R18: 100kΩ
 R5: 3,3kΩ
 R8: 300kΩ
 R9: 51kΩ
 R10, R17, R20: 10kΩ
 R11: 22kΩ
 R12, R19, R21: 1kΩ
 R13: 100Ω/0,5W
 R14: 2,2kΩ
 R15: 200kΩ
 R16: 5,6kΩ
 R22: 30Ω

Kondensatory

C1, C2, C5, C9, C10, C11, C12, C14, C16: 100nF
 C3, C4, C18, C19: 33pF (C3 i C4 stosować tylko z HT9170)
 C6: 10nF
 C7, C8: 220μF/40V
 C13, C17: 100μF/16V
 C15: 1000μF/16V

Półprzewodniki

BR1: mostek prostowniczy 1A/100V
 DP1, DP2: wyświetlacz siedmiosegmentowy LED wsp. anoda
 D1..D8, D10, D11, D15: 1N4148
 D9, D12, D13: 1N4001
 D14: dioda Zenera 15V
 IC1, IC2: 74HCT147
 IC9, IC3: 4011
 IC4: UM91531
 IC5: 4543
 IC6: 4053
 IC7: 4093
 IC8: UM92870

IC10: NE555
 IC11: LM386
 IC12: 7805
 T1, T2, T4, T5, T6: BC548
 T3: BC538

Różne

Q1, Q2: rezonator kwarcowy 3,579MHz
 REL1: przekaźnik OMRON 5V
 CON1, CON3, CON4: ARK2 (3,5mm)
 CON2: ARK3 (3,5mm)
 LS1: głośnik 8Ω
 S1..S16: microswitch
 S17, S18: przełącznik hebelkowy (suwakowy)

Funkcje dodatkowe

Rezystory

R1, R9: 56kΩ
 R2, R5, R6: 100kΩ
 R3, R11, R14: 100Ω
 R4, R7: 3,3kΩ
 R8: 560Ω
 R10: 200kΩ
 R12, R15: 1kΩ
 R13: 5,6MΩ

Kondensatory

C1..C4, C6, C8: 10nF
 C5, C7: 1μF
 C9: 100μF/10V
 C10: 100nF

Półprzewodniki

D1, D2: 1N4148
 IC1..IC4: NE555
 T1, T2: BC550

Różne

CON1: ARK2 (3,5 mm)
 S1..S3: przycisk microswitch

czynając od wlutowania w płytkę rezystorów i podstawek pod układy scalone, a kończąc na nielicznych elementach o nieco większych gabarytach.

Układ modelowy był testowany i użytkowany bez umieszczania w jakiegokolwiek obudowie, którą to czynność odłożyłem do nie dającej się przewidzieć przyszłości. Nie zalecałbym jednak takiego postępowania i radzę umieścić zmontowany układ w stosownej obudowie, jakich wiele znajdziecie w ofercie handlowej AVT. Jedynie wykonanie otworów pod przyciski S1..S16 może wydać się nieco kłopotliwe, ale czynność tę możemy sobie znacznie ułatwić

wykorzystując małe otworki umieszczone na płytce, pomiędzy wyprowadzeniami każdego przycisku. Podobne otworki zostały umieszczone także w narożach bloku wyświetlaczy oraz obrysów przełączników S17 i S18 i mogą służyć do zaznaczenia na płycie czołowej obudowy punktów, po połączeniu których uzyskamy precyzyjny obrys otworów, jakie mamy wykonać.

Andrzej Gawryluk, AVT

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP03/2000 w katalogu PCB.