

Rozpoczynamy oto nowy cykl tematyczny związany z telekomunikacją, w którym zaprezentujemy szereg rozwiązań układów telefonicznych.

W niniejszym artykule przedstawiamy stosowany w telekomunikacji kod DTMF. Oprócz niezbędnych podstaw teoretycznych podajemy propozycje praktycznego wykorzystania kodu w zastosowaniach amatorskich.

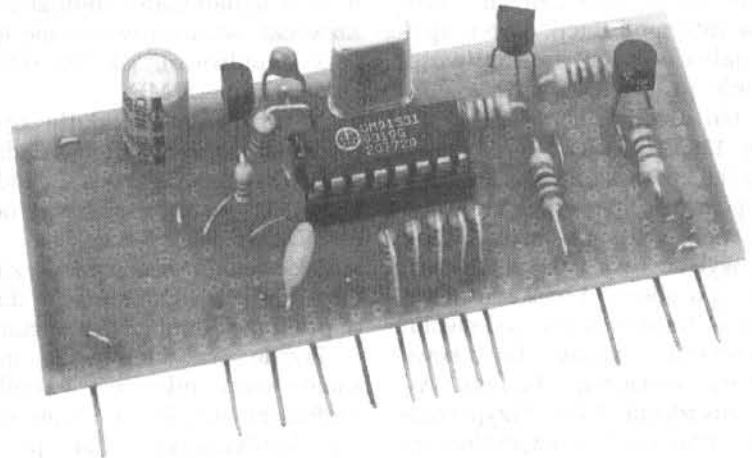
Wszystkich posiadaczy telefonów z pewnością zainteresuje idea zdalnego sterowania różnymi urządzeniami domowymi i automatycznego nadzoru obiektów drogą telefoniczną. Artykuł ten jest wstępem do projektów praktycznych, które sukcesywnie będą omawiane na łamach EP.

Zaczynamy od układu wybierczego i nadajnika kodu DTMF. W następnej kolejności opiszemy moduł odbiornika DTMF, a potem kolejne „klocki telekomunikacyjne”.

Kod DTMF

Dwusystemowy telefoniczny układ wybierczy

kit AVT-230



Wiadomości ogólne

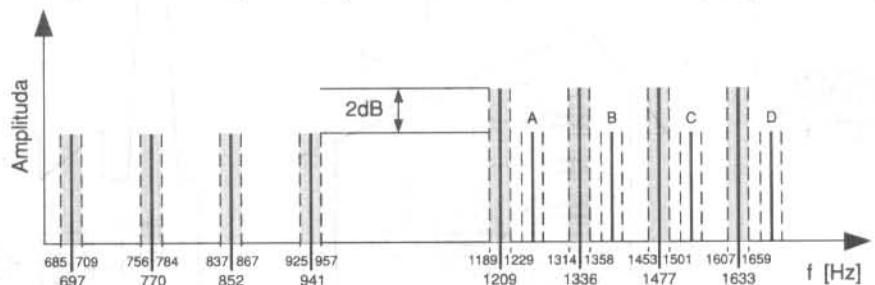
W niemowlęcym okresie rozwoju telekomunikacji wszystkie połączenia telefoniczne wykonywane były ręcznie. Aparaty telefoniczne nie miały wtedy tarczy ani klawiatury, wyposażone były za to w korbkę, której pokręcanie pozwalało wywołać telefonistkę na centrali. Do dziś w niektórych małych miasteczkach można spotkać takie aparaty.

Z biegiem czasu wprowadzono centrale automatyczne. Pojawiły się aparaty z tarczą numerową. Zastosowano kod impulsowy, w którym liczba przerw w obwodzie stałoprądowym aparatu odpowiadała wybranemu numerowi (z wyjątkiem cyfry 0, której odpowiada 10 przerw obwodu). System ten jest do dziś stosowany w wielu krajach, także w Polsce. W krajowej sieci telefonicznej (wg PN-92 T-83000) mogą być stosowane aparaty, w których czas trwania każdego impulsu, czyli suma czasu przerwy i zwarcia, wynosi 100 ± 10 ms (częstotliwość impulsowania 10 Hz), a współczynnik

impulsowania, czyli stosunek czasu przerwy do czasu zwarcia, wynosi $2 \pm 0,3$. Znaczy to, że czas przerwy ma mieć nominalnie 66,6 ms, a czas zwarcia 33,3 ms. Transmisja „0” czyli seria dziesięciu impulsów trwa więc jedną sekundę. Dla rozróżnienia poszczególnych cyfr numeru wielocyfrowego pomiędzy kolejnymi seriami impulsów musi wystąpić pauza (obwód stałoprądowy jest wtedy oczywiście zamknięty) o długości co najmniej 700 ms. Taki sposób transmisji numeru jest więc dość powolny. Dodatkową wadą jest też

konieczność zapewnienia połączenia stałoprądowego w kanale telefonicznym. Przy wybieraniu impulsowym łatwo też o zniekształcenia długości impulsów w długich liniach o dużej rezystancji i pojemności oraz przy współpracy z przekaznikami.

W związku z podanymi wadami już ponad trzydzieści lat temu wprowadzono inny sposób transmisji informacji o wybranym numerze - kod znany jako DTMF, u nas nazywany wieloczęstotliwościowym. Często mówi się po prostu o wy-



Rys. 1. Rozkład widmowy DTMF. Drugie harmoniczne niższej grupy, oznaczone jako A, B, C, D, układają się w pasmie przepuszczenia wyższej grupy, co może być źródłem interferencji.

Tab. 1. Znaki o odpowiadające im pary częstotliwości

| Częstotliwość [Hz] | 1209 | 1336 | 1477 | 1633 |
|--------------------|------|------|------|------|
| 697 | 1 | 2 | 3 | A |
| 770 | 4 | 5 | 6 | B |
| 852 | 7 | 8 | 9 | C |
| 941 | * | 0 | # | D |

bieraniu tonowym, w odróżnieniu od impulsowego.

Jak sugeruje nazwa: **Dual Tone Multi-Frequency** - poszczególnym cyfrom (znakom) odpowiadają pary tonów. Starannie wybrano poszczególne częstotliwości w zakresie pasma telefonicznego, aby uniknąć nakładania się harmonicznych i produktów intermodulacji. W ten sposób ustalono osiem częstotliwości w dwóch grupach:

niższej 697...941Hz
wyższej 1209...1633Hz.

Rozkład poszczególnych częstotliwości pokazano na **rysunku 1**.

Z dwóch grup po cztery tony można wybrać dwa (bez powtórzeń) na 16 sposobów. Uzyskano więc możliwość transmisji nie dziesięciu, ale szesnastu znaków. Dodatkowe kombinacje oznaczono literami A - D oraz znaczkami * i #. Przyporządkowanie znakom par częstotliwości jest dokonane według **tabeli 1**.

W większości klawiatur nie spotykamy kolumny z literami A - D, znaki te przewidziane są do wykorzystania w przyszłości.

Według wspomnianej Polskiej Normy tolerancja poszczególnych częstotliwości powinna wynosić $\pm 1,5\%$. Poziom każdej z częstotliwości składowych sygnału wybierczego na obciążeniu 600Ω powinien wynosić: w grupie niższej $-8 \pm 2\text{dB}$

w grupie wyższej $-6 \pm 2\text{dB}$.

Sygnały z grupy wyższej, z uwagi na ewentualne nierównomierności charakterystyki pasma przenoszenia toru transmisyjnego, są nadawane z poziomem o 2 dB wyższym niż sygnały grupy niższej.

Czasy trwania sygnału wybierczego i przerwy między sygnałami nie powinny być krótsze niż 55ms. Tu widać, że wybieranie tonowe może być kilkakrotnie szybsze niż impulsowe.

Realizacja wybierania tonowego jest technicznie bardziej skomplikowana niż wybierania impulsowego. Obecnie jednak nie jest to przeszkodą, dostępne są bowiem kostki będące nadajnikami (umożliwiające zazwyczaj zarówno wybieranie tonowe oraz impulsowe), jak też odbiornikami kodu DTMF.

W niniejszym artykule opisujemy moduł uniwersalnego nadajnika sygnałów wybierczych z układem UM91531, wkrótce opiszemy odbiornik DTMF.

Jakie jednak zastosowanie znajdzie ten sposób transmisji danych w praktyce hobbisty-elektronika?

Przede wszystkim, oba moduły znajdują swoje miejsce w "kombajnie telefonicznej", którego opis będziemy kontynuować. Na przykład, w skład wspomnianego „kombajnu telefonicznego” mogą oprócz układów nadajnika i odbiornika DTMF wchodzić: telefon głośnomówiący, automatyczna sekretarka, domowa centrala telefoniczna, modem komputerowy, skrambler, automat wybierający określony numer i przekazujący komunikat słowny (ISD10XX !) np. na policję w razie alarmu, itd...

Sygnalizacja DTMF znajduje coraz szersze zastosowanie w łączności radiowej, choćby do selektywnego

wywoływania w kanałach CB.

Już teraz dostępne są automatyczne sekretarki, które można zdalnie odsłuchać wykorzystując właśnie kod DTMF.

I tu dochodzimy do idei, która niewątpliwie zainteresuje wszystkich posiadaczy telefonów:

Czyż nie byłoby dobrze w czasie swej nieobecności móc zadzwonić do domu i za pomocą klawiatury lub małego nadajniczka DTMF, np. wieczorem, włączyć zdalnie w mieszkaniu jakieś światło czy telewizor albo „odpytać” automatyczną sekretarkę lub system alarmowy, czy aby wszystko w porządku? Przykład znajdziemy na **rysunku 2**.

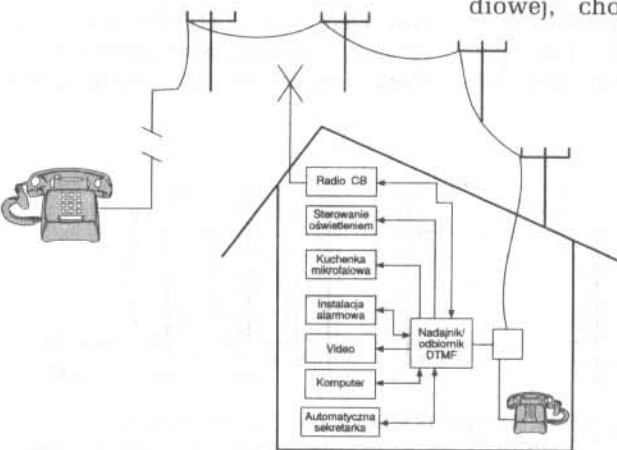
Czy nie widzimy szeregu możliwości wykorzystania sygnalizacji DTMF w urządzeniach CB, choćby do zdalnego powiadamiania czy alarmowania, albo też sterowania różnymi urządzeniami?

A może warto, choć nie jest to sprawą łatwą, opracować urządzenie do współpracy telefon - radio CB?

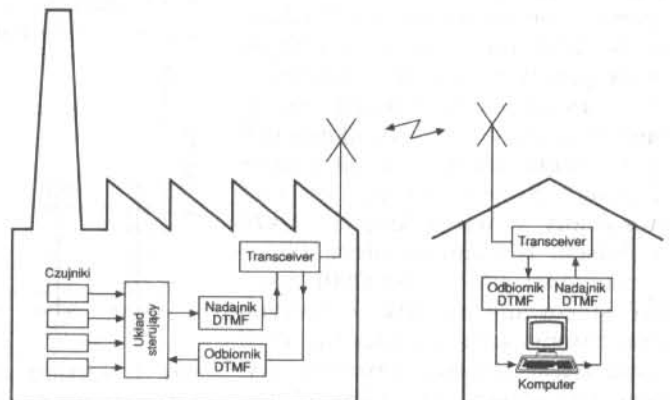
Czy nie warto zastosować kodu DTMF w urządzeniach zdalnego sterowania? Czy nie jest to najprostszy sposób zdalnego nadzoru jakiegoś procesu technologicznego, gdy z użyciem nadajników i odbiorników DTMF i odpowiednich przetworników możemy sprawdzić choćby temperaturę kotła, poziom płynu w zbiorniku, czy aktualne zużycie energii? Przykładowy schemat blokowy pokazano na **rysunku 3**. Zamiast łącza radiowego można równie dobrze użyć łącza telefonicznego.

Kilku naszych Czytelników dopominało się o opis wewnętrznej, domowej sieci sterowania i kontroli. Czy system DTMF nie jest tu godnym uwagi rozwiązaniem?

A może zastosować dodatkową modulację AM lub FM i wykonać



Rys. 2. Domowa sieć DTMF



Rys. 3. Zdalne nadzorowanie procesu technologicznego

system łączności przez sieć energetyczną?

Zakres wykorzystania sygnalizacji DTMF jest naprawdę szeroki, ograniczony tylko wyobraźnią i...zasobnością kieszeni; dlatego my przedstawimy moduły - klocki, a nasi Czytelnicy zastosują je do wielu urządzeń i systemów.

Aby jednak w pełni wykorzystać ten sposób transmisji, należy zapoznać się z dalszymi szczegółami.

Wszyscy pewnie zauważyli, że na typowych klawiaturach, oprócz cyfr, umieszczone są także litery - po trzy na każdym klawiszu.

Aby umożliwić przesyłanie dowolnych danych, przyporządkowano znakom popularnego kodu ASCII także kody DTMF.

Do przesłania jednego znaku kodu ASCII potrzeba siedmiu bitów, w naszym kodzie DTMF wystarczą dwie pary tonów. I tu otwiera się nowa możliwość transmisji danych do i z komputera. Co prawda trans-

misja jest tu wolniejsza niż przy użyciu modemu, ale w pewnych sytuacjach niewątpliwą zaletą jest możliwość ręcznego wprowadzenia danych zdalnie przez telefon przy użyciu zwykłej klawiatury tonowej (ale niestety nie uda się to z klawiaturą impulsową).

W tabeli 2 przedstawiono kody ASCII, ich zapis w systemie szesnastkowym (w rubryce HEX) oraz odpowiadające im kody DTMF. Aby nadać znak ASCII, należy po prostu wcisnąć dwa kolejne klawisze.

Dla cyfr 0...9 będzie to odpowiedni klawisz i klawisz „0”.

Litery też nadaje się bardzo prosto. Nie ma potrzeby uczyć się na pamięć kodów z tabeli. Na każdej klawiaturze umieszczono litery, pokazuje to rysunek 4a.

Uwaga! Teraz chwila skupienia.

Aby nadać literę należy najpierw wcisnąć klawisz, na którym się ona znajduje, a następnie wcisnąć jeden z klawiszy „1”, „2” lub

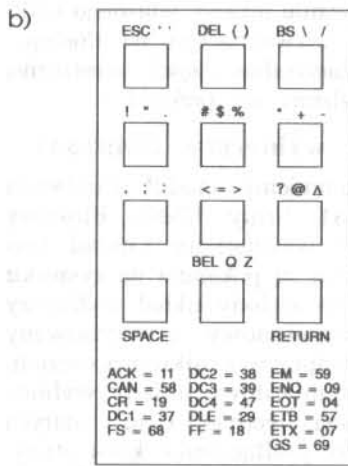
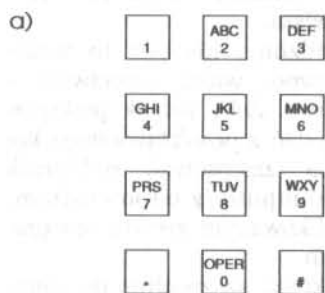
„3”, odpowiednio do miejsca, na którym znajduje się litera na klawiszu. Przykładowo literę T nadamy naciskając kolejno „8” i „1”, bo znajduje się ona na klawiszu z cyfrą 8 i występuje jako pierwsza z trzech liter T, U, V. Analogicznie, literze S odpowiada kod „7” „3”, bo występuje ona na klawiszu z cyfrą „7” jako trzecia z liter P, R, S. Następne przykłady to: A = „2” „1”, N = „6” „2”.

Jest to zatem wręcz dziecinnie proste.

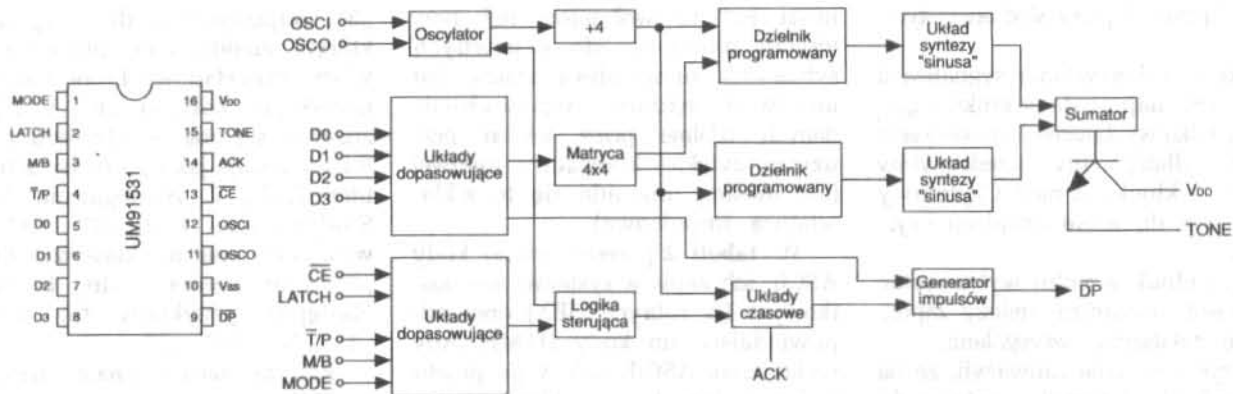
Idąc dalej, spójrzmy na rysunek 4b. Przedstawia on nakładkę o wymiarach karty kredytowej, ułatwiającą nadawanie innych znaków kodu ASCII. Niektóre klawiatury mają znormalizowane wymiary i taka kartka z wyciętymi otworami mogłaby być po prostu nakładana na klawiaturę. W naszych warunkach jest to niemożliwe, po pierwsze dlatego, że publiczne automaty telefoniczne nie umożliwiają przełączenia klawiatury z wybierania impulsowego na tonowe, a większość aparatów z możliwością przełączania ma klawiaturę o innych wymiarach. Niemniej jednak nakładka ta znakomicie pomoże nadać pozostałe kody - idea jest tu identyczna jak w przypadku liter, tyle że jako drugi znak

Tab. 2. Kody ASCII i odpowiadające im kody DTMF

| ASCII | HEX | DTMF | ASCII | HEX | DTMF | ASCII | HEX | DTMF |
|-------|-----|------|-------|-----|------|-------|-----|------|
| ACK | 06 | 11 | ! | 21 | 44 | A | 41 | 21 |
| BEL | 07 | 01 | * | 22 | 45 | B | 42 | 22 |
| BS | 08 | 34 | # | 23 | 54 | C | 43 | 23 |
| CAN | 18 | 58 | \$ | 24 | 55 | D | 44 | 31 |
| CR | 0D | 19 | % | 25 | 56 | E | 45 | 32 |
| DC1 | 11 | 27 | & | 26 | 79 | F | 46 | 33 |
| DC2 | 12 | 28 | ' | 27 | 16 | G | 47 | 41 |
| DC3 | 13 | 29 | (| 28 | 25 | H | 48 | 42 |
| DC4 | 14 | 47 |) | 29 | 26 | I | 49 | 43 |
| DEL | 7F | 24 | * | 2A | 64 | J | 4A | 51 |
| DLE | 10 | 29 | + | 2B | 65 | K | 4B | 52 |
| EM | 19 | 59 | ' | 2C | 74 | L | 4C | 53 |
| ENQ | 05 | 09 | - | 2D | 66 | M | 4D | 61 |
| EOT | 04 | 08 | . | 2E | 46 | N | 4E | 62 |
| ESC | 1B | 14 | / | 2F | 36 | O | 4F | 63 |
| ETB | 17 | 57 | 0 | 30 | 00 | P | 50 | 71 |
| ETX | 03 | 07 | 1 | 31 | 10 | Q | 51 | 02 |
| FF | 0C | 18 | 2 | 32 | 20 | R | 52 | 72 |
| FS | 1C | 68 | 3 | 33 | 30 | S | 53 | 73 |
| GS | 1D | 69 | 4 | 34 | 40 | T | 54 | 81 |
| HT | 09 | 12 | 5 | 35 | 50 | U | 55 | 82 |
| LF | 0A | 13 | 6 | 36 | 60 | V | 56 | 83 |
| NAK | 15 | 48 | 7 | 37 | 70 | W | 57 | 91 |
| NUL | 00 | 04 | 8 | 38 | 80 | X | 58 | 92 |
| RS | 1E | 77 | 9 | 39 | 90 | Y | 59 | 93 |
| S0 | 0E | 27 | : | 3A | 76 | Z | 5A | 03 |
| S1 | 0F | 28 | ; | 3B | 75 | [| 5B | 87 |
| SOH | 01 | 05 | < | 3C | 84 | \ | 5C | 35 |
| SP | 20 | * | = | 3D | 85 |] | 5D | 88 |
| STX | 02 | 06 | > | 3E | 86 | ^ | 5E | 96 |
| SUB | 1A | 67 | ? | 3F | 94 | _ | 5F | 89 |
| SYN | 16 | 49 | @ | 40 | 95 | ` | 60 | 15 |
| US | 1F | 78 | | | | DEL | 7F | 24 |
| VT | 0B | 17 | | | | | | |



Rys. 4. Klawiatura z kodem DTMF (a) i nakładka z kodem ASCII (b)



Rys. 5. UM91531 - układ wyprowadzeń i blokowy schemat wewnętrzny

należy wcisnąć odpowiednio jeden z klawiszy „4”, „5” lub „6”. Jeśli dany znak występuje jako pierwszy z trzech - wciskamy „4”, gdy jest na trzeciej pozycji - wciskamy „6”. Przykładowo znak ! nadamy wciskając „4” i „4”, znak % - „5” „6”, znak @ - „9” „5”. Tutaj też znajdziemy litery, które nie zmieściły się na klawiaturze, ale uwaga!

BEL to „0” „1”, a nie „0” „4”
Q to „0” „2”, a nie „0” „5”
Z to „0” „3”, a nie „0” „6.”

Niektóre inne potrzebne kody wypisane są na dole nakładki.

Odnajdujemy jeszcze, że klawisz * oznacza spację, # - powrót karetki i w tych dwóch przypadkach wyjątkowo wystarczy naciśnięcie jednego klawisza.

Jak widzimy, nie jest to wcale takie straszne, wręcz przeciwnie - bardzo łatwe. Żeby jednak praktycznie skorzystać z przedstawionego kodu trzeba zastosować odbiornik DTMF i komputer z odpowiednim, nieskomplikowanym zresztą oprogramowaniem.

W praktyce, szczególnie do sterowania, celowe może się okazać zastosowanie innego, własnego kodu i hasła pozwalającego na dostęp.

Po niezbędnej części teoretycznej przechodzimy do praktyki.

Układ wybierczy UM91531

Prezentujemy moduł z układem UM91531 firmy UMC. Blokowy schemat wewnętrzny i układ wyprowadzeń są pokazane na **rysunku 5**. Jest to scalony układ wybierczy impulsowo-tonowy przystosowany do współpracy z mikroprocesorem. O ile standardowe układy wybiercze mają wejście typu matryca 3 x 4 do podłączenia klawiatury, tu mamy równoległe czterobitowe wejście binarne D0 - D3.

Wszystkie niezbędne częstotliwości i czasy uzyskuje się z wewnętrznego generatora sterowanego popularnym kwarem 3,579545MHz. Wewnątrz kostki umieszczono niezbędne elementy oscylatora, wystarczy dołączyć rezonator kwarcowy między końcówki 11 i 12.

Sinusoidalne sygnały DTMF są wytwarzane cyfrowo jako siedmio-poziomowe, szesnastosegmentowe przebiegi, dzięki czemu zniekształcenia nieliniowe nie przekraczają 5% (typ. 1%).

Wszystkie wejścia i wyjście ACK są zgodne ze standardem TTL.

Układ wyposażony jest w linie sterujące współpracujące z systemem mikroprocesorowym: CE\, LATCH i ACK(nowledge).

Standardowe w peryferyjnych układach mikrokomputerowych wejście Chip Enable (CE\ - nóżka 13) tu dodatkowo jest też głównym wejściem zerującym. Gdy CE\ = H, wewnętrzny oscylator jest zatrzymany i układ pobiera typowo tylko 5µA prądu. Podanie na CE\ stanu niskiego powoduje start oscylatora i przygotowanie do pracy przez wyzerowanie układów wewnętrznych.

Układ oczywiście nie musi być sterowany przez mikroprocesor, wtedy wejście CE\ nie musi być wykorzystane. W każdym przypadku należy jednak pamiętać o funkcji zerującej tego wejścia. Może to być przyczyną kłopotów; po załączeniu zasilania układ nie zawsze chce pracować poprawnie, często zachowuje się jakby był uszkodzony i dopiero wyzerowanie opadającym zboczem na CE\ doprowadza układ do stanu normalnej pracy.

Wejście T/P (nóżka 4) steruje trybem pracy:

jeśli T/P = L to układ pracuje w trybie tonowym - sygnały DTMF

pojawiają się na wyjściu TONE, wyjście DP\ jest nieaktywne.

Odwrotnie, jeśli T/P = H to aktywne jest wyjście DP\.

Wejście M/B (nóżka 3) określa współczynnik impulsowania i jest użyteczne w trybie impulsowym. Pozwala wybrać współczynnik impulsowania stosownie do norm danego kraju.

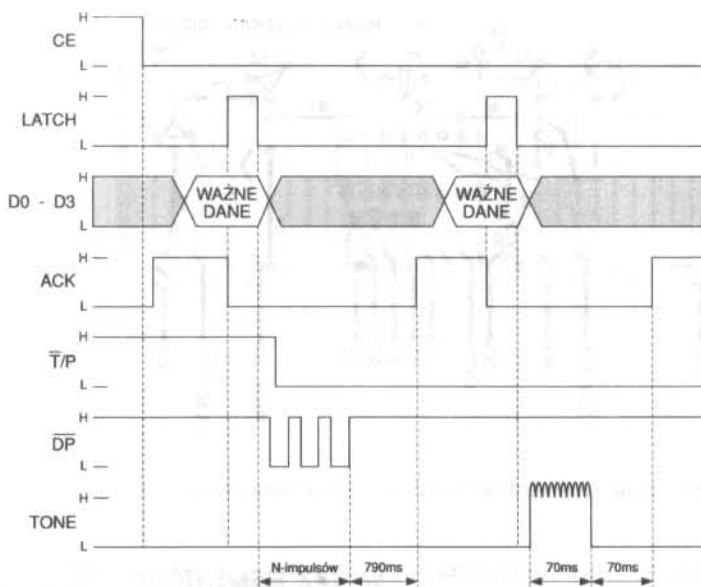
Gdy T/P = L wtedy współczynnik impulsowania wynosi 2 - przerwa ma 66,6ms, zwarcie 33,3ms.

Gdy T/P = H współczynnik wypełnienia wynosi 2/3 - przerwa 60ms, zwarcie 40ms.

Oczywiście, zgodnie z wymaganiami krajowymi należy ustawiać T/P = L (uwaga, w firmowej karcie katalogowej jest błąd: w dwóch miejscach podaje się różne opisy działania końcówki M/B).

Wejście LATCH (nóżka 2) jest głównym wejściem sterującym pracą kostki. Rosnące zbocze wpisuje (zatrzaskuje) dane z wejść D0 - D3 i T/P, zbocze opadające zapoczątkowuje pracę. Sygnał na wejściu LATCH powinien być zatem krótkim dodatnim impulsem; w czasie jego trwania nie powinno się zmieniać stanów na wejściach sterujących, bo może to spowodować błędne działanie. Natomiast gdy LATCH = L jakiegokolwiek zmiany stanów na liniach wejściowych (z wyjątkiem CE\) nie mają wpływu na stan układu.

Końcówka nr 14: ACK(nowledge) - potwierdzenie informuje współpracujący mikroprocesor o gotowości do przyjęcia i wysłania następnego znaku. Stan wysoki oznacza gotowość. Jak widać na **rysunku 6**, dodatnie zbocze na wejściu LATCH zmienia stan wyjścia ACK z wysokiego na niski, informując mikroprocesor, że układ jest zajęty wy-



Rys. 6. Przebiegi czasowe w układzie UM9131

syłaniem znaku. Stan wysoki pojawia się na tym wyjściu po wysłaniu znaku (impulsowo lub tonowo) i odmierzeniu niezbędnego czasu przerwy między znakami - 790ms w trybie impulsowym i 70ms w trybie tonowym. Układ dopiero wtedy gotowy jest do przyjęcia następnych danych. Kolejny impuls na wejściu LATCH powinien się więc pojawić dopiero po powrocie linii ACK do stanu wysokiego.

Kostka posiada też końcówkę MODE (nóżka 1) decydującą o rodzaju pracy w trybie tonowym. Gdy MODE = H wtedy układ pracuje normalnie, a gdy MODE = L, to po wyzerowaniu i wpisaniu sygnałem LATCH pierwszego kodu odpowiadający mu sygnał DTMF będzie generowany ciągle, a następne dane wejściowe pomimo zmian na wejściu LATCH będą ignorowane; stan ten utrzyma się aż do wyłączenia kostki sygnałem CE\.

Stan wejścia MODE nie ma znaczenia przy impulsowym trybie pracy.

Układ ma dwa oddzielne wyjścia: impulsowe DP\ i tonowe TONE.

Wyjście DP\ (nóżka 9) jest wyjściem typu otwarty dren o stosunkowo niewielkiej wydajności (1...3 mA w zależności od napięcia zasilania).

Normalnie wewnętrzny tranzystor wyjściowy jest zatkany (stan wyjścia H). W czasie impulsowania tranzystor ten się otwiera i na wyjściu pojawia się ciąg ujemnych impulsów (przerw w sygnale wybierczym).

W praktycznych układach pracy wyjście to powinno być za pomocą rezystora „podciągane” do plusa zasilania. W praktyce i tak stosuje się tu dodatkowe tranzystory wykonawcze.

Z kolei wyjście TONE (n. 15) jest typu otwarty emiter i do jego prawidłowej pracy należy stosować rezystor dołączony drugim końcem do masy, albo też dodatkowy tranzystor.

W tabeli 3 podano pozostałe ważniejsze parametry układu.

Z kolei tabela 4 pokazuje jak układ reaguje na dane wejściowe D0 - D3.

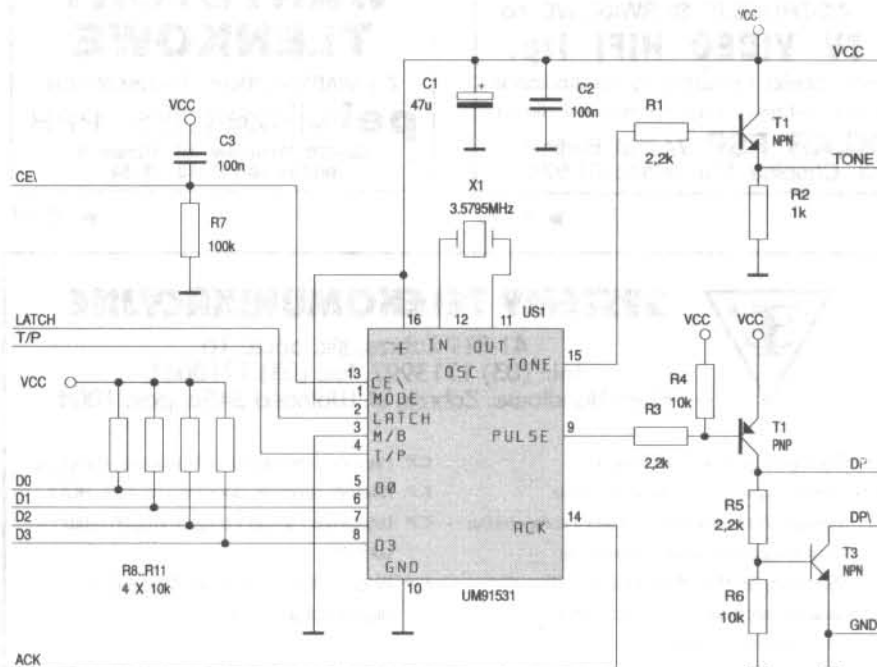
Tab. 3 Ważniejsze parametry układu scalonego UM9131

Zakres temperatur pracy: -20...+70°C
 Zakres napięć zasilania: 2,5...5,5V
 Prąd zasilania układu scalonego: typ. 0,42mA; max 1mA
 Prąd wejściowy wejść logicznych: -0,05...0,05µA
 Napięcie wyjściowe tonów grupy niższej przy $R_L = 2,2k\Omega$ (typowo):
 840mV przy $U_{zas} = 2,5V$
 1070mV przy $U_{zas} = 5,5V$
 Napięcie wyjściowe tonów grupy wyższej przy $R_L = 2,2k\Omega$ (typowo):
 1060mV przy $U_{zas} = 2,5V$
 1350mV przy $U_{zas} = 5,5V$
 Czas trwania sygnału DTMF: 70ms
 Czas trwania przerwy w trybie DTMF: 70ms
 Częstotliwość impulsowania: 10Hz

Układ ma też możliwość pracy w trybie testowym. Test uruchamiany jest zmianą stanu wejścia M/B, gdy $CE\ = L$. Na wyjściach DP\ i TONE występują wówczas określone przebiegi, zależne od stanu wejść D0 - D3. Szczegóły te nie są niezbędne przeciętnym użytkownikom, a zainteresowanych odsyłamy do karty katalogowej.

Moduł wybierczy

Na rysunku 7 przedstawiono schemat elektryczny modułu z układem UM91531. Jest to prosta aplikacja kostki, wymagająca tylko kilku elementów zewnętrznych.



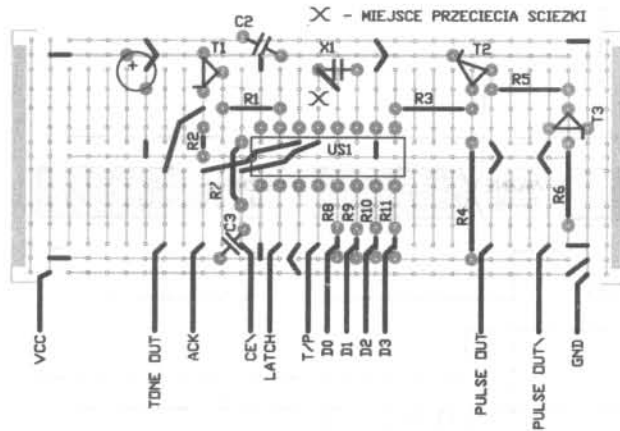
Rys. 7. Schemat elektryczny modułu wybierczego DTMF

Tab. 4. Sygnały wyjściowe w funkcji danych wejściowych

| D3 | D2 | D1 | D0 | Sygnał DTMF | Liczba impulsów |
|----|----|----|----|-------------|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | 5 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 6 | 6 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 7 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 9 | 9 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | * | 10 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | # | 11 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | A | 12 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | B | 13 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | C | 14 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | D | stan niedozwolony |

Przy sterowaniu przez mikroprocesor nie trzeba stosować elementów R7 i C3 (służą one do zerowania po załączeniu zasilania), a także rezystorów podciągających R8 - R11.

W zależności od zastosowania inne będą też obwody wyjściowe (T1 - T3, R1 - R6). Układ i tak będzie współpracować z jakimś interfejsem abonenckim, dlatego nie ma sensu projektować specjalnej płytki. Układ modelowy zmontowano na płycie uniwersalnej AVT o oznaczeniu PU-02 według rysunku 8.



Rys. 8. Rozmieszczenie elementów modułu na uniwersalnej płytce drukowanej

Do „ręcznego“ uruchomienia i sprawdzenia modułu wystarczy oscyloskop, źródło zasilania 5V, ośmiostykowy dip-switch i kilka rezystorów. Do sterowania wejścia LATCH lepiej jest użyć uniwibratora lub choćby układu RC i przerzutnika Schmitta, bo bezpośredni sygnał ze styku dip-switcha może powodować błędy z uwagi na nieuniknione drgania zestyków.

Ponieważ układ nie jest przeznaczony dla zupełnie „zielonych“ nowicjuszy więc tym razem darujemy sobie opis sprawdzania modułu.

Piotr Górecki, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R3, R5: 2.2kΩ
- R2: 1kΩ
- R4, R6, R8...R11: 10kΩ
- R7: 100kΩ

Kondensatory

- C1: 47μF/6.3...16V
- C2, C3: 100nF

Półprzewodniki

- T1, T3: dowolny npn, np. BC547
- T2: dowolny pnp, np. BC557
- US1: UM91531 (UMC)

Różne

- X1: rezonator kwarcowy 3.5795MHz