

# Mikroprocesorowy odbiornik DTMF, część 2

## kit AVT-329

*Drugą część artykułu poświęcimy prezentacji programu sterującego pracą mikroprocesora oraz omówieniu zasad montażu i uruchomieniu układu.*

### Sposób działania odbiornika

Program sterujący pracą mikrokontrolera ma ok. 800 bajtów. Do przechowywania zmiennych programu wykorzystane zostały także cztery komórki pamięci RAM.

Po włączeniu zasilania, mikrokontroler zgłasza swoją obecność poprzez „podniesienie słuchawki“, czyli zwarcie styków przekaźnika linii Prz1 (rys.6, EP6/97) i wygenerowaniu trzech sygnałów akustycznych w odstępie ok. 1 sekundy. Jeżeli nasze urządzenie będzie dołączone do linii telefonicznej, można podnieść słuchawkę i następnie włączyć napięcie zasilania odbiornika. Po krótkiej chwili będzie słychać w słuchawce stuknięcie styków przekaźnika i trzy sygnały akustyczne.

Od tego momentu odbiornik rozpoczyna normalną pracę. Na rys.7 przedstawiony został uproszczony algorytm pracy, który ułatwia zrozumienie założonego przez autora sposobu sterowania odbiornikiem. Należy pamiętać, że zdalne sterowanie jego pracą wymaga posiadania źródła standardowego sygnału DTMF - może to być telefon dołączony elektrycznie do linii lub dowolny sygnalizator wykorzystujący sprzężenie akustyczne (poprzez mikrofon telefonu).

W obydwu przypadkach ważne jest, aby generowane sygnały były zgodne z normą opisującą standard DTMF.

Opiszemy teraz w jaki sposób odbywa się sterowanie pracą odbiornika od chwili przejścia procesora do trybu normalnej pracy.

Odbiornik podłączony do linii telefonicznej zlicza sygnały dzwonka generowane przez centralę. Jeżeli ich liczba będzie zgodna z liczbą zadaną przy pomocy zworki JP1, odbiornik „podniesie słuchawkę“ i wygeneruje dwa krótkie sygnały powitalne.

Od tej chwili oczekuje na podanie dwucyfrowego hasła - jeżeli nie będzie ono zgodne z zadanym (przy pomocy DIP-switchy), generowany jest sygnał akustyczny o dość niskiej częstotliwości i czasie trwania ok. 1 sekundy. Sygnalizuje on błąd i po kolejnej sekundzie rozłączane jest połączenie.

Jeżeli w czasie ok. 16 sekund nie wybrana zostanie poprawna kombinacja cyfr, połączenie także jest rozłączane.

Jeżeli w podanym powyżej czasie wybrany zostanie poprawny kod, procesor generuje w krótkim odstępie czas dwa długie sygnały potwierdzenia o dość wysokiej częstotliwości.

Od tego momentu program wchodzi w pętlę oczekiwania na kombinację kodów sterujących przekaźnikami w obydwóch kanałach. Przewidziano dwa rodzaje kodów sterujących:

- z prefiksem „#“ - wykorzystywane są do określania aktualnego stanu wybranego wyjścia;
- z prefiksem „\*“ - wykorzystywane są do ustalania stanu wybranego wyjścia.

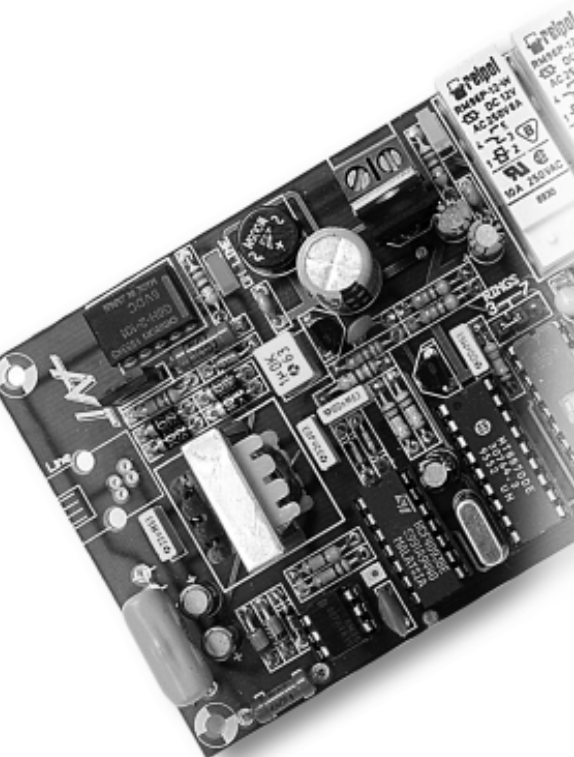
Szczegóły omawiamy poniżej.

### Kontrola aktualnego stanu wyjść

Aby ustalić jakie są aktualne stany przekaźników sterowanych przez mikrokontroler należy wykonać następujące czynności:

- po dodzwonieniu się do odbiornika należy podać kod dostępu (procedura opisana powyżej);
- następnie naciskamy przycisk na klawiaturze telefonu oznaczony symbolem „hash“ (#), następnie wybieramy numer interesującego nas kanału (cyfry z klawiatury 1 lub 2).

W zależności od stanu wybranego wyjścia w słuchawce usłyszymy:



Listing 1.

```

; /-----PROGRAM-----/
wszystkie_dzwonki:
bset 1,porta ; podnosi sluchawke
jsr wait1s
ldx #$ff ; okresla czas trwania dzwieku
jsr sound_ok ; generuje sygnal potwierdzenia
jsr wait02s ; krotkie opoznienie, ok. 200ms
ldx #$ff ; ustala czas trwania sygnalu akust.
jsr sound_ok ; wywołanie procedury generujacej sygnal
***** POCZATEK OGRANICZENIA CZASU
lda #!80 ; stala okreslajaca czas oczekiwania na kod
sta time ; zapis stalej do pamieci RAM
p1 jsr wait02s ; bazowy czas opoznienia 200ms
dec time ; zmniejsza licznik czasu
beq error ; sprawdza czy czas minal
brset 4,porta,p1 ; testuje B4 PORTA - czy jest sygnal DTMF

***** porownuje kod podany z zadany DIPswitchami
p3 bset 5,porta ; wylacza DIPswitch 1
bset 6,porta ; wylacza DIPswitch 2
brclr 4,porta,p3 ; sprawdza sygnal DTMF
bset 4,portb ; wlacza bufor MT8870
nop ; opoznienie dla stabilizacji odczytu
lda portb ; wpisuje wynik DTMF do akumulatora
bclr 4,portb ; wylacza MT8870
and #$0f ; zeruje niepotrzebne bity (4MSB)
sta digit1 ; zapisuje pierwszy odebrany znak w RAM
p5 brclr 4,porta,p5 ; czeka na powrot STD do stanu normalnego
p2 jsr wait02s
dec time ; zmniejsza licznik czasu
beq error ; sprawdza, czy czas uplynal
brset 4,porta,p2 ; oczekuje na drugi znak DTMF
p4 brclr 4,porta,p4
bset 4,portb ; wlacza bufor MT8870
nop ; opoznienie dla stabilizacji odczytu
lda portb ; zapamietuje drugi znak w akumulatorze
bclr 4,portb ; wylacza MT8870
and #$0f ; zeruje niepotrzebne bity (4MSB)
sta digit2 ; zapamietuje drugi znak w RAM
bclr 6,porta ; odczytuje DIPswitch 1
jsr wait02s
lda portb
coma ; neguje zawartosc A
and #$0f ; usuwa zbedne bity
bset 6,porta ; wylacza DIPswitch 1
cmp digit1 ; porownuje znak zadany z odebrany
beq p6
p6 bclr 5,porta ; odczytuje DIPswitch 2
jsr wait02s
lda portb
coma ; neguje zawartosc akumulatora
and #$0f ; zeruje niepotrzebne bity (4MSB)
bset 5,porta ; wylacza DIPswitch 2
cmp digit2 ; porownuje odebrany znak z zadany
beq p7
jmp error
p7 ; /-----PROGRAM-----/
error: ; program obslugi bledow
    
```

- ✓ jeden krótki sygnał o dużej częstotliwości, jeżeli wyjście przekaźnikowe jest wyłączone;
- ✓ trzy sygnały w krótkich odstępach czasu, jeżeli wyjście przekaźnikowe jest włączone (styki zwarte).

**Programowanie aktualnego stanu wyjść**

Stany wyjść przekaźnikowych można zmieniać po wybraniu znaku „\*“ . Jest on traktowany jako prefiks informujący procesor o przejściu do pętli programowania rejestru wyjściowego.

Po wybraniu kodu „\*“ należy podać numer wyjścia, którego stan chcemy zmodyfikować (jako poprawne są traktowane kody 1 i 2). Jeżeli wybrany zostanie poprawny ciąg znaków procesor potwierdza to krótkim sygnałem akustycznym - po usłyszeniu go w słuchawce należy wybrać znak „0“, co powoduje rozłączenie styków przekaźnika w wybranym wcześniej

kanale lub znak „1“, co powoduje załączenie styków przekaźnika. Wykonanie polecenia sygnalizowane jest ponownie sygnałem akustycznym.

Ciągi znaków, które są traktowane jako poprawne zawarto w tab.2.

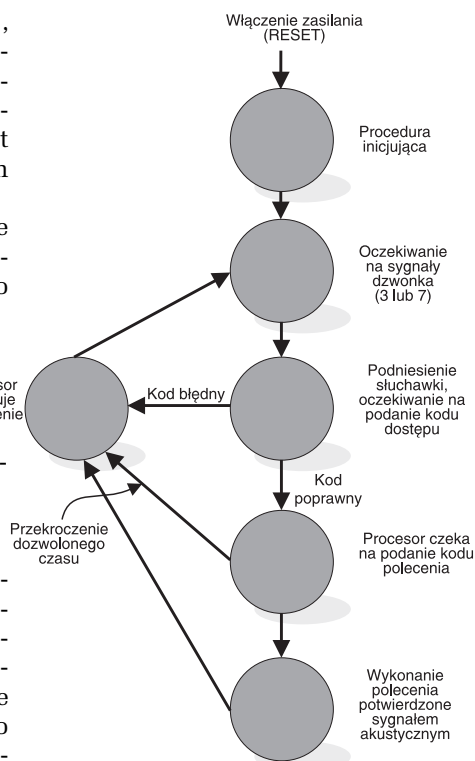
**Ograniczenia czasowe**

W celu zabezpieczenia prezentowanego układu przed różnego rodzaju zakłóceniami mogącymi powstać w czasie trwania połączenia, wszystkie procedury sterujące są ograniczone czasowo. Oznacza to, że na wciśnięcie każdego z klawiszy funkcyjnych mamy ściśle ograniczoną ilość czasu.

Na podanie kodu dostępu przewidziano ok. 16 sekund. Podobnie, jeżeli zadana liczba dzwonek nie wystąpi w zadanym czasie, zliczona ich liczba jest kasowana.

Po wybraniu dowolnego kodu sterującego czas na podanie kolejnego znaku ograniczony jest do ok. 10 sekund.

Zawsze po upływie tego czasu jest generowany sygnał akustyczny o niskiej częstotliwości i czasie



Rys. 7. Algorytm działania programu.

trwania ok. 1 sekundy, który sygnalizuje powstanie błędu.

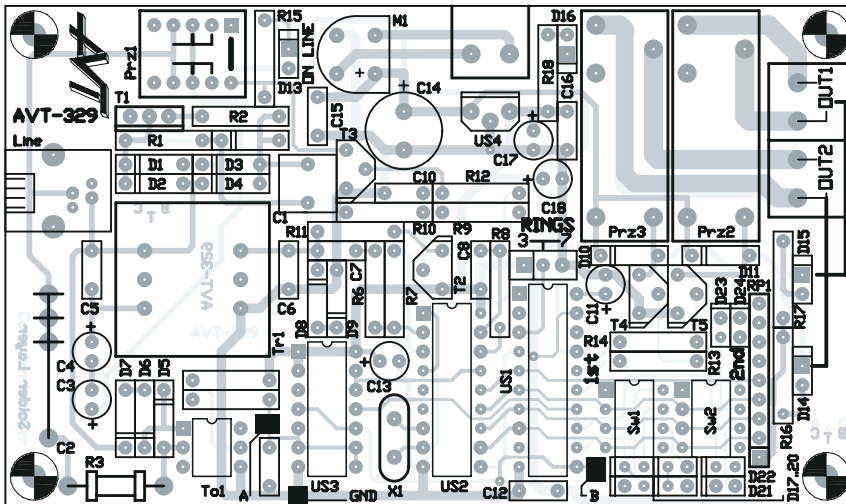
Wartości dopuszczalnego czasu (ang. time-out) są wpisane na stałe do pamięci programu mikrokontrolera. Dobrano je tak, aby użytkownik nie musiał się zbytnio spieszyć z wybraniem kodu.

Fragment procedury ograniczającej czas oczekiwania na podanie poprawnego kodu przedstawiono na list.1.

Detekcja liczby dzwonek i cyfr tworzących kod dostępu odbywa się w czasie rzeczywistym

Tabela 2. Sekwencje kodów zastosowane w odbiorniku.

Realizowana funkcja	Pierwszy znak	Drugi znak	Reakcja odbiornika	Trzeci znak	Reakcja odbiornika
Kontrola wyjścia 1	#	1	- jeden sygnał (przekaźnik ma styki rozwarte)	brak	brak
Kontrola wyjścia 2	#	2	- jeden sygnał (przekaźnik ma styki rozwarte) - trzy sygnały (przekaźnik ma styki zwarte)	brak	brak
Włączenie przekaźnika w kanale 1	*	1	krótki sygnał o dużej częstotliwości	1 (wł.)	krótki sygnał potwierdzenia
Wyłączenie przekaźnika w kanale 1	*	1	krótki sygnał o dużej częstotliwości	0 (wył.)	krótki sygnał potwierdzenia
Włączenie przekaźnika w kanale 2	*	2	krótki sygnał o dużej częstotliwości	1 (wł.)	krótki sygnał potwierdzenia
Wyłączenie przekaźnika w kanale 2	*	2	krótki sygnał o dużej częstotliwości	0 (wył.)	krótki sygnał potwierdzenia



Rys. 8. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

tym, tak więc po ich zmianie nie jest konieczne restartowanie procesora.

### Ograniczenia liczby błędów

Ponieważ liczba cyfr blokujących dostęp do sterowania jest mała, występuje ryzyko przełamania tej bariery przez osoby niepowołane. Wystarczy bowiem przeprowadzić (w najbardziej niekorzystnym przypadku z zastosowaniem kodowania z zakresu 0..9, \*, #) zaledwie 143 próby, aby przełamać zabezpieczenie.

Z tego też powodu wprowadzono dodatkowe zabezpieczenie, polegające na ograniczeniu, podczas wprowadzania kodu, liczby dopuszczalnych błędów do dwóch. Po dwóch błędach procesor automatycznie rozłącza połączenie i nie reaguje na sygnały dzwonka przez ok. 3 minuty, co wpływa zniechęcająco na potencjalnego włamywacza.

### Zabezpieczenie dodatkowe

W odbiorniku zastosowano jeszcze jedną procedurę zabezpieczającą, której zadaniem jest podniesienie komfortu użytkownika urządzenia.

Jest to dość proste zabezpieczenie programowe, które zapobiega pomyłkowemu wybraniu przez użytkownika błędnego kodu sterującego. Jeżeli zamiast dopuszczalnych dla numeru kanału znaków „1” lub „2” użytkownik wyśle inny znak, cała sekwencja rozkazu zostanie zignorowana, a procesor ostrzeże długim sygnałem o niskiej częstotliwości (syg-

nał błędu) i następnie zgłosi gotowość do odbioru poprawnego polecenia trzema krótkimi sygnałami o wysokiej częstotliwości. Podobnie, gdy zamiast innego, oczekiwanego przez procesor w danym momencie kodu, zostanie wygenerowany inny kod, procesor ostrzeże o tym opisaną już sekwencją sygnałów akustycznych, traktując całą sekwencję odebranych uprzednio kodów jako nieważną. Liczba pomyłek nie jest ograniczona programowo.

Takie działanie programu znacznie ułatwia posługiwanie się odbiornikiem, zwłaszcza wtedy, gdy jest on sterowany z telefonu z wbudowaną klawiaturą w słuchawkę (większość telefonów bezprzewodowych i wszystkie komórkowe).

### Montaż i uruchomienie

Odbiornik jest zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej z metalizowanymi otworami. Rozmieszczenie elementów przedstawiono na rys.8. Widok ścieżek drukowanych przedstawiamy na wkładce wewnątrz numeru.

Ponieważ konstrukcja odbiornika opiera się na układach wykonanych w technologii CMOS, należy zachować maksimum ostrożności podczas ich montażu. Zalecane jest stosowanie podstawek, przy czym w zupełności wystarczają tanie podstawki z kontaktami w postaci sprężystych blaszek.

Montaż należy rozpocząć od rezystorów i diod (impulsowych, prostowniczych i Zenera). Wyjątkiem są diody D17..24, które

montowane są pionowo. Na rys.9 zaznaczono miejsca zamontowania tych diod. Podczas formowania wyprowadzeń tych elementów należy zwrócić uwagę na możliwość uszkodzenia szklanej obudowy.

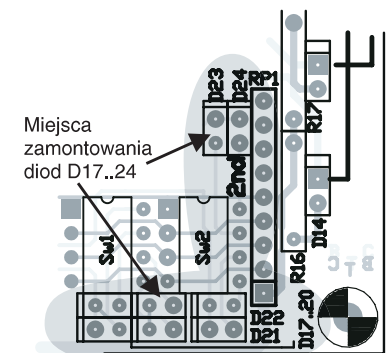
Kolejnym etapem montażu jest wlutowanie podstawek pod układy scalone i transoptor oraz DIP-switch (Sw1, Sw2). Następnie montujemy diody D17..24, kwarc, kondensatory, tranzystory, a na końcu elementy o największych gabarytach: przekładniki, transformator separujący i złącza ARK.

W egzemplarzu modelowym diody świecące, spełniające rolę sygnalizatorów stanu odbiornika, zamontowano bezpośrednio na płytce drukowanej. W przypadku montowania odbiornika w obudowie, można te elementy wyprowadzić na płytę czołową urządzenia. Wymagać to będzie połączenia każdej diod z płytką przy pomocy dwużyłowego przewodu. W celu ułatwienia ewentualnego demontażu układu dobrze jest zastosować proste złącza wykonane z goldpinów i fragmentów podstawek precyzyjnych.

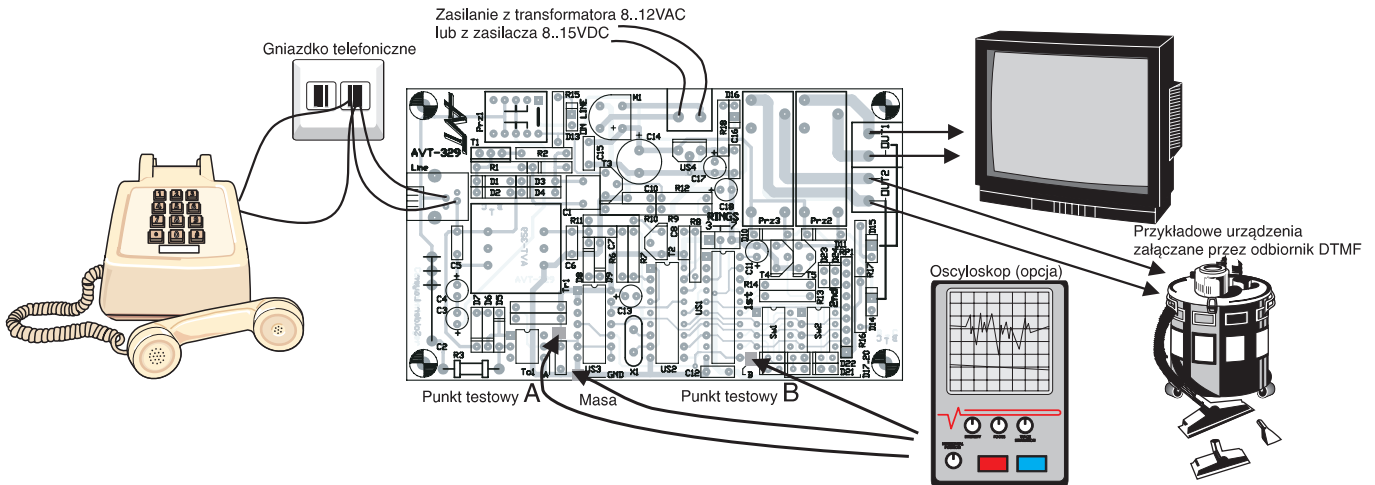
Otwory o średnicy 3mm, wykonane w rogach płytki, umożliwiają umocowanie płytki w obudowie. Jako elementy dystansowe należy stosować tulejki z tworzywa sztucznego.

Podczas uruchamiania układu bardzo przydatne będą srebrzone kołki lutownicze, które należy wlutować w punkty oznaczone „A”, „B” i „GND”. Sposób wykorzystania tych punktów pomiarowych przedstawimy w dalszej części artykułu.

Przed rozpoczęciem procedury uruchomienia i testowania płytki



Rys. 9. Rozmieszczenie diod montowanych pionowo.

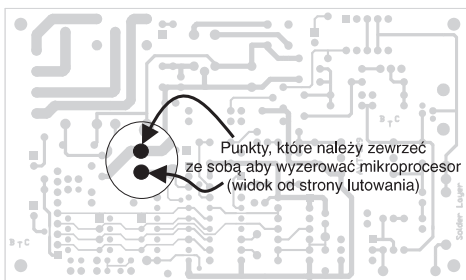


Rys. 10. Sposób podłączenia urządzeń zewnętrznych.

odbiornika należy jeszcze raz dokładnie sprawdzić jakość montażu i poprawność rozmieszczenia elementów, a następnie dołączyć kilka elementów zewnętrznych, zgodnie z ogólnym schematem przedstawionym na **rys.10**. Należy także ustawić, przy pomocy DIP-switchy możliwie najprostszy kod dostępu, aby maksymalnie ułatwić uruchomienie odbiornika.

Ponadto niezbędny będzie zasilacz lub transformator, dostęp do linii telefonicznej oraz bardzo przydatny jest oscyloskop. Można sobie oczywiście poradzić bez niego, wymaga to jednak nieco większego nakładu pracy.

Po podłączeniu odbiornika do linii telefonicznej dołączamy do niego zasilanie z zasilacza prądu stałego (napięcie wyjściowe rzędu 9..15V) lub ze zwykłego transformatora bez prostownika i filtru tętnień (napięcie rzędu 8..12V). Na wyjściu stabilizatora US4 należy sprawdzić wartość napięcia zasilającego - powinno ono wynosić ok. 5V, z tolerancją zależną od zastosowanego egzemplarza układu scalonego. Różnica nie powinna być większa niż ok.  $\pm 0,5V$ .



Rys. 11. Punkty umożliwiające wyzerowanie procesora.

Po krótkiej chwili od momentu włączenia zasilania zwierane są styki przekaźnika linii Prz1 na ok. 6..10 sek. Jeżeli w tym czasie podniesiona zostanie słuchawka telefonu dołączonego równoległe do odbiornika DTMF, będzie w niej słycać potrójne sygnały akustyczne, powtórzone 3-krotnie z odstępami 1-sekundowymi. Jest to najprostszy test odbiornika. Jest on powtarzany każdorazowo po włączeniu napięcia zasilającego lub po zerowaniu procesora. Powtórzenie tego testu można uzyskać po ręcznym wyzerowaniu mikrokontrolera - wystarczy zewrzeć ze sobą wyprowadzenia kondensatora C11, zerującego procesor po włączeniu zasilania. Na **rys.11** przedstawiono położenie wyprowadzeń tego kondensatora na płycie drukowanej (widok od strony lutowania).

Kolejny etap testowania układu wymagać będzie pomocy osoby wyposażonej w drugi telefon. Należy bowiem zadzwonić z niego pod numer telefonu, do którego dołączony jest odbiornik DTMF. Po wybranej przy pomocy zworki JP1 liczby sygnałów dzwonka powinna zaświecić się dioda LED D13 (oznaczona ON\_LINE), co oznacza, że odbiornik „podniósł słuchawkę” i dołączył dekodery DTMF US2 do linii telefonicznej. W ciągu maksymalnie 16 sekund należy wysłać z telefonu dzwoniącego kody dostępu do odbiornika. Odbiornik potwierdza odbiór tych kodów zgodnie z podanym wcześniej opisem.

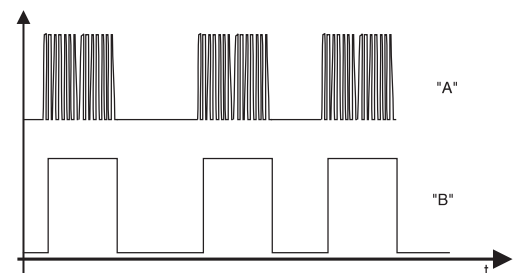
Pewne trudności mogą wystąpić w przypadku central telefonicznych ge-

nerujących sygnał dzwonka o parametrach nieco innych niż standardowe - odbiornik może w takich sytuacjach błędnie interpretować liczbę odebranych sygnałów. Pomocne w ustaleniu tego faktu będą dwa punkty pomiarowe wyprowadzone na płycie drukowanej - oznaczone przez „A” i „B”. Punktem odniesienia dla tych sygnałów jest „GND”.

Punkt „A” jest wyjściem transformatora To1. Można na nim obserwować sygnały dzwonka w postaci ciągu impulsów, w przybliżeniu prostokątnych. W punkcie „B” cała paczka impulsów powinna być widoczna jako jeden, dodatni impuls prostokątny o czasie trwania równym w dużym przybliżeniu czasowi trwania paczki wejściowej. **Rys.12** oddaje w pewnym przybliżeniu pożądane kształty sygnałów w punktach „A” i „B”.

Jeżeli w odpowiedzi na sygnał dzwonka otrzymujemy w punkcie „B” niestabilny ciąg impulsów, należy zwiększyć pojemność kondensatora C9. Jeżeli nie daje to pożądanego efektu niezbędne mogą się okazać modyfikacje wartości rezystancji R4 i R5.

**Piotr Zbysiński, AVT**



Rys. 12. Przybliżone kształty sygnałów w punktach pomiarowych.