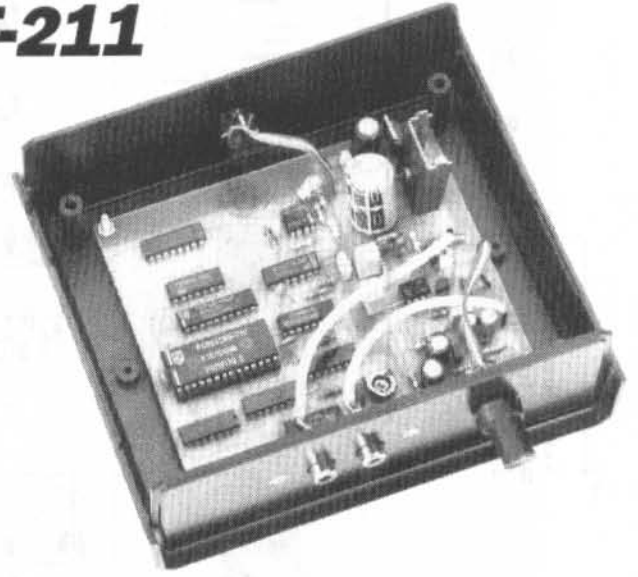


# Echo cyfrowe

## kit AVT-211

*Z otrzymywanych listów wiemy, że entuzjaści muzyki i ogólnie rozumianej zabawy z dźwiękiem stanowią spory odsetek naszych Czytelników. Nic więc dziwnego, że spore zainteresowanie wywołał francuski układ elektronicznego echa, opublikowany w czerwcu minionego roku. Skłoniło nas to do opracowania nowej wersji układu echa, która, w porównaniu z układem francuskim, ma większą częstotliwość graniczną przetwarzanego dźwięku, mniejsze szumy i zniekształcenia próbkowania, a przede wszystkim nie zawiera starych i trudno dostępnych układów 2147.*



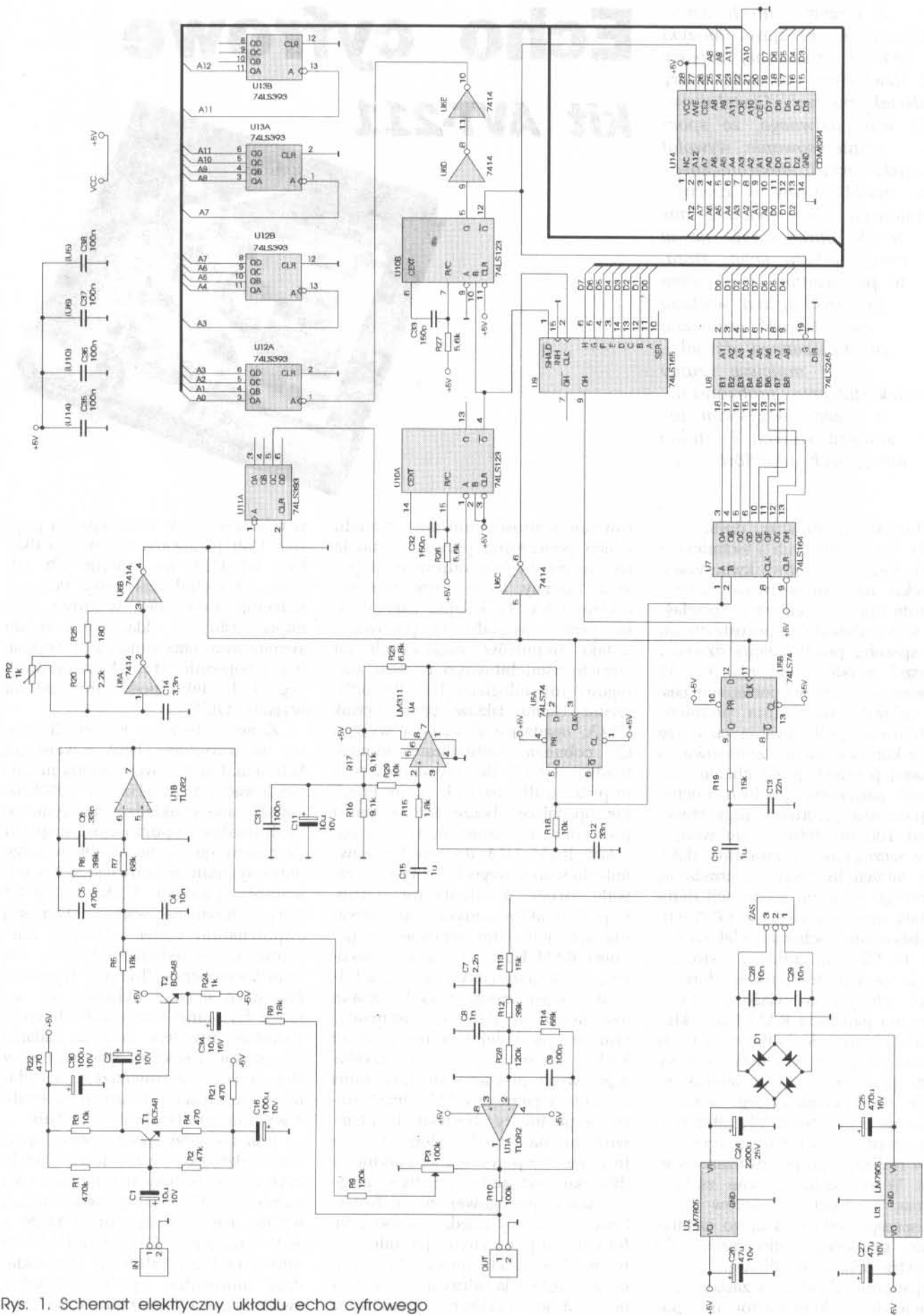
Chociaż modulacja delta nie należy do najlepszych i technicznie eleganckich sposobów kwantyzacji dźwięku, ma jednak swoje zalety - prostotę i taniocę realizacji; to właśnie zadecydowało o pozostawieniu tego sposobu przetwarzania dźwięku w naszej wersji urządzenia. W celu zmniejszenia szumów i poszerzenia pasma należało radykalnie podnieść częstotliwość próbkowania, co wiąże się z koniecznością zastosowania większej pamięci, jeżeli chcemy utrzymać parametry pogłosu i echa, tj. opóźnienie przetwarzanego dźwięku od 100 do 250ms. Nie wdając się w szczegółowe rozważania dotyczące założeń technicznych urządzenia cyfrowego echa ani modulacji delta (zostały one omówione w EP 6/93), przedstawiamy schemat elektryczny (rys. 1). Główne zmiany w stosunku do wersji francuskiej dotyczą części cyfrowej, co wiąże się z zastosowaną pamięcią RAM 6264, która ma organizację bajtową, a musi działać jak jeden wielosegmentowy rejestr przesuwany. Część analogowa składa się z wysokoczułego wzmacniacza na tranzystorze T1, filtru dolnoprzepustowego U1B i komparatora U4 realizującego przetwarzanie sygnału. W tej części główne zmiany dotyczą wartości elementów filtru dolnoprzepustowego, którego częstotliwość graniczną podwyższono do ok. 6kHz oraz zmodyfikowano układ komparatora. Zgodnie z zasadą modulacji delta, komparator ten po-

równuje wartość amplitudy sygnału z jego poprzednią próbką i ustawia na swoim wyjściu odpowiedni poziom logiczny, który steruje przerzutnikiem U5A. Te kolejno zakodowane próbki sygnału są podawane w takt impulsów zegarowych na wejście ośmiobitowego rejestru szeregowo-równoległego U7. Po odliczeniu ośmiu taktów przez licznik U11A, opadające zbocze na wyjściu QC pobudza multiwibrator monostabilny U10A do wygenerowania impulsu o długości ok. 0,4 $\mu$ s. Przednie opadające zbocze tego impulsu powoduje wpisanie danych z pamięci RAM U14 do rejestru równoległo-szeregowego U9, a tylne wyzwala drugi multiwibrator U10B. Impuls o takim samym czasie trwania jak poprzedni wpisuje do pamięci RAM U14 informację oczekującą do zapamiętania w U7, a tylnym zboczem zwiększa o jeden zawartość liczników U12-U13, ustawiając tym samym kolejny adres pamięci RAM. Zatem co osiem taktów zegarowych powtarza się taka sama sytuacja: z pamięci RAM odczytywane są parametry dźwięku do przetworzenia na sygnał analogowy, a na to miejsce wpisywane są parametry dźwięku aktualnie przetworzonego z postaci analogowej na cyfrową. Czas upływający między zapisem informacji a ponownym jej odczytaniem daje efekt opóźnienia, czyli echa. Informacja odczytana z pamięci RAM jest cyklicznie przesuwana

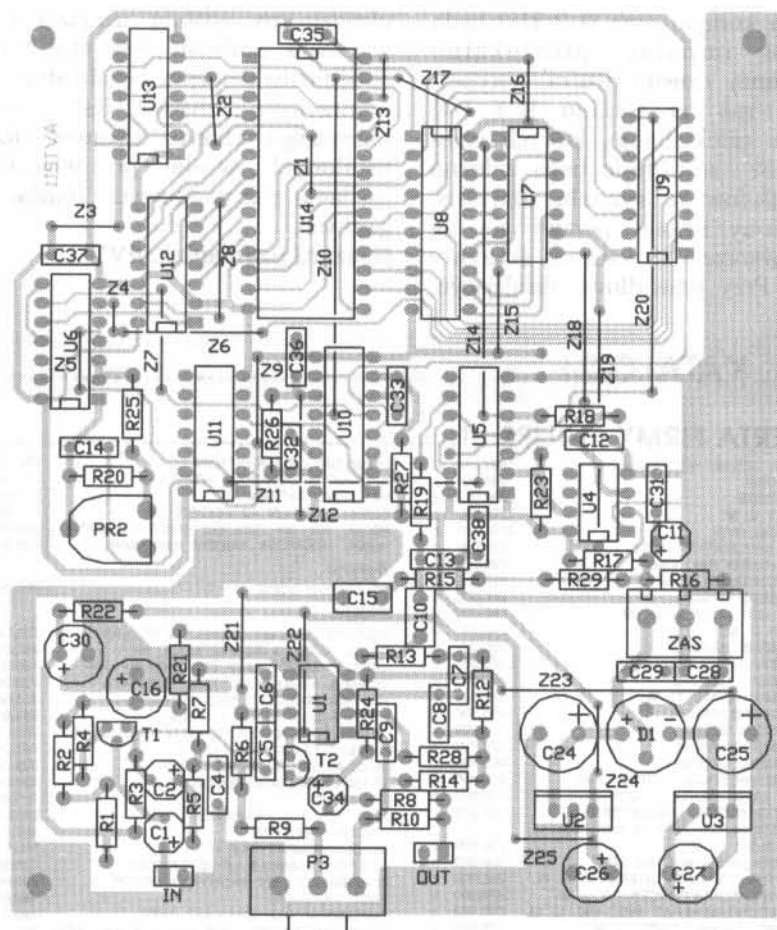
w rejestrze U9 w takt zegara i poprzez U5B podawana na układ całkujący R19,C13, na którym jest odtwarzany sygnał analogowy. Po wyłączeniu i odcięciu w filtrze dolnoprzepustowym składowych zegara systemowego oraz zmieszaniu z sygnałem nieopóźnionym, tak zsumowany sygnał dźwięku podawany jest na wyjście OUT.

Zegar systemowy jest zrealizowany na inwerterze U6A z wejściem Schmitta. Częstotliwość zegara można regulować od 250kHz do 1000kHz. Uzyskiwane w układzie maksymalne i minimalne opóźnienie sygnału dźwiękowego wylicza się mnożąc okres sygnału zegarowego  $\times 8 \times$  pojemność pamięci RAM t.j. 8182 bajty. Otrzymane wartości wynoszą odpowiednio 65ms i 250ms. Zastosowana w układzie brama U8 umożliwia bezkonfliktową wymianę informacji między układami za pomocą tej samej magistrali danych. Pozostałe inwertery mają za zadanie dopasować właściwą fazę sygnałów sterujących i wprowadzają pożądane przesunięcie czasowe sygnału z wyjścia multiwibratora U10B.

Jeśli zachodzi taka potrzeba, opóźnienie dźwięku można łatwo zwiększyć do 1s. Należy w tym celu jako pamięć RAM zastosować układ 62256, usunąć połączenie U14-26 z +5V i połączyć U14-26 z U13B-10 oraz U14-1 z U13B-9. W tym układzie minimalne opóźnienie także zwiększy się czterokrotnie. Czas trwa-



Rys. 1. Schemat elektryczny układu echa cyfrowego



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytce układu echa cyfrowego

nia echa wraz z jego słabnącymi powtórzeniami reguluje się potencjometrem P3.

Cały układ musi być zasilany symetrycznym napięciem +5V/-5V. Stabilizator U2 powinien mieć niewielki radiator. Należy podkreślić, że dla uniknięcia przydźwięków niezwykle ważny jest sposób prowadzenia ścieżek masy i maksymalne rozdzielanie napięć zasilających część analogową i cyfrową.

### Montaż i uruchomienie

Prototyp zmontowano na płytce drukowanej, której układ ścieżek dość dobrze spełnia warunki niezbędne dla eliminacji szkodliwych przydźwięków. Układy scalone można lutować wprost na płytce; wyjątkiem jest tu pamięć, która powinna być wyposażona w podstawkę, aby przy próbach i ewentualnej wymianie nie sprawiała zbyt wielu kłopotów. W układzie przewidziano wyprowadzenie na zewnątrz tylko potencjometru regulującego wybrzmiewanie pogłosu. Można także wyprowadzić potencjometr regu-

lacji opóźnienia dźwięku, montując zamiast potencjometru montażowego PR2 normalny potencjometr połączony z płytką krótkimi przewodami.

Montaż najlepiej rozpocząć od wykonania zwór i wlutowania najmniejszych elementów. Całość umieszczono w pudełku plastikowym z wywierconymi otworami dla potencjometru P3, gniazd sygnału wejściowego i wyjściowego oraz gniazdka zasilającego, do którego z transformatora zewnętrznego doprowadzone jest symetryczne napięcie zmienne o wartości 7...9V.

Układ nie wymaga żadnego strojenia. W przypadku kłopotów należy podać na wejście układu sygnał sinusoidalny o amplitudzie 20...100mV i częstotliwości 0,5...1kHz. Po dołączeniu zasilania na kondensatorach C26 i C27 powinny pojawić się symetryczne względem masy napięcia stabilizowane +5V i -5V. Przy zwartym do masy suwaku potencjometru P3 sygnał na wyjściu U1B-7 powinien być silnie wzmocniony i nieznieształcony. Następnym krokiem jest sprawdzenie,

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1: 470k $\Omega$   
 R2: 47k $\Omega$   
 R3, R18, R29: 10k $\Omega$   
 R4, R21, R22: 470  
 R5, R8: 18k $\Omega$   
 R6, R12: 39k $\Omega$   
 R7, R14: 68k $\Omega$   
 R9, R28: 120k $\Omega$   
 R10: 100k $\Omega$   
 R13, R19: 15k $\Omega$   
 R15: 1,8k $\Omega$   
 R16, R17: 9,1k $\Omega$   
 R20: 2,2k $\Omega$   
 R23: 6,8k $\Omega$   
 R24: 1k $\Omega$   
 R25: 180  
 R26, R27: 5,6k $\Omega$   
 P3: 100k $\Omega$ , potencjometr  
 PR2: 1k $\Omega$ , potencjometr montażowy

#### Kondensatory

C1, C2, C11: 10 $\mu$ F/10V  
 C4, C28, C29: 10nF  
 C5: 470pF  
 C6: 33pF  
 C7: 2,2nF  
 C8: 1nF  
 C9: 100pF  
 C10, C15: 1 $\mu$ F  
 C12: 33nF  
 C13: 22nF  
 C14: 3,3nF  
 C16, C30: 100 $\mu$ F/10V  
 C24: 2200 $\mu$ F/25V  
 C25: 470 $\mu$ F/16V  
 C26, C27: 47 $\mu$ F/10V  
 C31, C35, C36, C37, C38: 100nF  
 C32, C33: 150pF  
 C34: 10 $\mu$ F/16V

#### Półprzewodniki

D1: mostek 1A/50V  
 T1, T2: BC548  
 U1: TL082  
 U2: LM7805  
 U3: LM7905  
 U4: LM311  
 U5: 74LS74  
 U6: 7414  
 U7: 74LS164  
 U8: 74LS245  
 U9: 74LS165  
 U10: 74LS123  
 U11, U12, U13: 74LS393  
 U14: 6264

#### Różne

ZAS: gniazdo mini-jack  
 IN, OUT: gniazdo Cinch  
 Obudowa plastikowa

czy na wyjściu U6B-4 pojawił się prostokątny sygnał zegara o częstotliwości regulowanej PR2 od ok. 250kHz do ok. 1MHz. Potem można sprawdzić, czy na wyjściach multiwibratorów U10A i U10B pojawiają się impulsy o częstotliwości równej 1/8 częstotliwości zegara i czasie trwania ok. 400ns. W przypadku prawidłowego działania układu, na

wyjściu komparatora (k.7 U4) będą obecne impulsy prostokątne o zmiennej częstotliwości i wypełnieniu, zaś na wejściu (k.3 U4) impulsy piłokształtne, których częstotliwość i amplituda będą zależne od wejściowego sygnału dźwięku. Opóźniony sygnał pojawi się na kondensatorze C13 wraz ze składową zegara. Przy prawidłowo działającym

układzie na wyjściu urządzenia po włączeniu zasilania przez czas równy opóźnieniu dźwięku będzie słyszalny nieprzyjemny charkot. Jest to efekt pierwszego odczytu z pamięci RAM ustalonych w niej po włączeniu zasilania przypadkowych stanów logicznych.

**Ryszard Szymaniak, AVT**