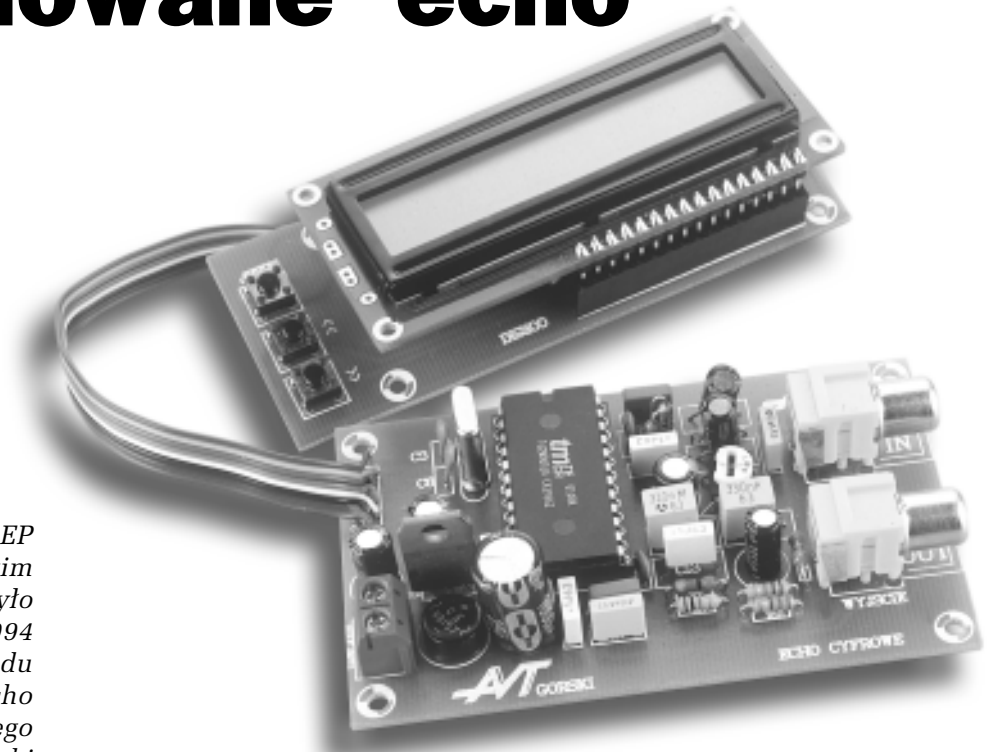


# Programowane echo cyfrowe

## AVT-5090



Niektórzy z Czytelników EP zapewne pamiętają, jakim wydarzeniem było opublikowanie w EP w 1994 roku opisu układu wytwarzającego echo w sposób cyfrowy - cyfrowego echa. Dzięki postępowi, jaki nastąpił w technologii układów cyfrowych, obecnie można budować takie układy łatwiej i o lepszych parametrach.

**Rekomendacje:** układ polecamy miłośnikom efektów audio, a także użytkownikom tańszych zestawów kina domowego, w których prezentowany układ może emulować efekt surround.

Jeszcze nie tak dawno wykonanie układu opóźniającego do generowania efektu echa było w warunkach amatorskich bardzo trudne. Takie urządzenia przybierały ogromne rozmiary, a uzyskiwane czasy opóźnień były niewielkie.

Układ scalony wykorzystany w prezentowanym układzie cyfrowym echa (T62M0001A) jest produkowany przez tajwańską firmę TMtech (Taiwan Memory Technology, Inc.), specjalizującą się w produkcji różnego rodzaju pamięci. Dzięki tej specjalizacji, w układzie oprócz toru audio z przetwornikami A/C i C/A oraz zestawu filtrów, zintegrowano także pamięć SRAM o pojemności 64 kb, która spełnia rolę cyfrowej linii opóźniającej.

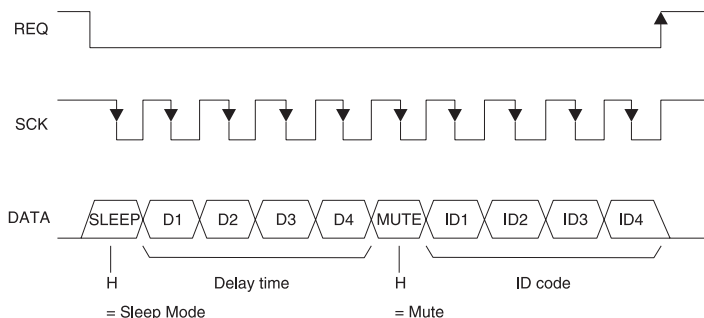
Chociaż układ T62M0001A wykonano w technologii CMOS, to wbudowany w niego tor audio spełnia wymagania stawiane tańszymi urządzeniami profesjonalnym: zniekształcenia przy częstotliwości próbkowania 666 kHz nie przekraczają 0,17%, a poziom szumów na wyjściu nie przekracza -90 dBV.

W układzie echa zastosowano układ scalony w obudowie DIP24, dla której opis funkcji wyprowadzeń zamieszczono w **tab. 1**.

Czas opóźnienia wprowadzany przez układ T62M0001A jest ustawiany cyfrowo. Można tego dokonać na dwa sposoby:

- za pomocą wpisu równoległego,
- za pomocą 3-liniowego interfejsu szeregowego.

Wybór sposobu sterowania odbywa się poprzez ustawienie odpowiedniego poziomu na wyprowadzeniu 9. układu T62M0001A (EASY/u-COM). Sterowanie równoległe jest wybierane przez podanie wysokiego poziomu na wejście EASY/u-COM. Na wejściach danych D1...D4 ustawiamy odpowiednią kombinację stanów logicznych w celu uzyskania zadanego opóźnienia sygnału akustycznego (efektu echa). Możemy tego dokonać podłączając układ do mikrokontrolera lub stosując



Rys. 1. Przebiegi charakterystyczne dla wprowadzania danych do układu T62M0001A

| Tab. 1. Funkcje wyprowadzeń układu T62M0001A |     |  |       |
|--|-----|--|-------|
| Symbol                                       | I/O | Opis   | Numer |
| Vdd  | P   | Zasilanie części cyfrowej  | 1     |
| XIN  | I   | Wejście oscylatora   | 2     |
| XOUT   | O   | Wyjście oscylatora   | 3     |
| D1/REQ                                       | I   | Wejście danych D1/dla interfejsu u-COM wejście żądania nadawania   | 4     |
| D2/SCK                                       | I   | Wejście danych D2/dla interfejsu u-COM wejście zegarowe  | 5     |
| D3/DATA                                      | I   | Wejście danych D3/dla interfejsu u-COM wejście danych  | 6     |
| D4/IDSW                                      | I   | Wejście danych D4/dla interfejsu u-COM wejście kontrolne   | 7     |
| TEST   | I   | Wejście testowe L= normalna praca  | 8     |
| EASY/u-COM                                   | I   | Wejście wyboru sposobu sterowania układem<br>H = sterowanie równoległe<br>L = sterowanie u-COM szeregowo | 9     |
| SLEEP  | I   | Funkcja wyciszania układu<br>L = normalna praca<br>H = uśpienie układu                                   | 10    |
| D-GND  | G   | Masa cyfrowa   | 11    |
| A-GND  | G   | Masa analogowa   | 12    |
| LPF2-OUT                                     | O   | Wyjście filtra dolnoprzepustowego  | 13    |
| LPF2-IN                                      | I   | Wejście filtra dolnoprzepustowego  | 14    |
| OP2 OUT                                      | O   | Wyjście wzmacniacza  | 15    |
| OP2 IN                                       | I   | Wejście wzmacniacza  | 16    |
| CC2  | -   | Wyprowadzenie kontrolne  | 17    |
| CC1  | -   | Wyprowadzenie kontrolne  | 18    |
| REF  | -   | Napięcie odniesienia = 1/2Vcc  | 19    |
| OP1-IN                                       |     | Wejście wzmacniacza  | 20    |
| OP2-OUT                                      |     | Wyjście wzmacniacza  | 21    |
| LPF1 OUT                                     | O   | Wejście filtra dolnoprzepustowego  | 22    |
| LPF1 IN                                      | I   | Wejście filtra dolnoprzepustowego  | 23    |
| Vcc  | P   | Zasilanie części analogowej  | 24    |

szesnastopozycyjny przełącznik kodu BCD.

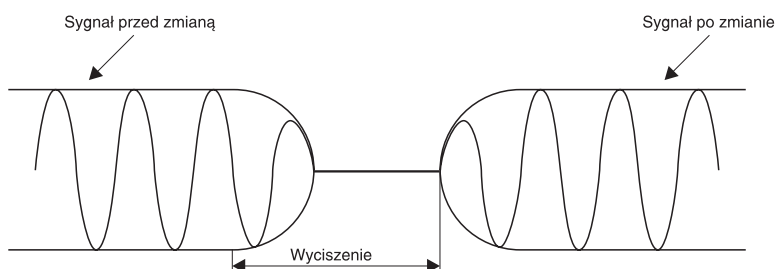
W tab. 2 zestawiono stany na wejściach sterujących oraz odpowiadające im czasy opóźnień sygnału akustycznego. Tabela ta ma również zastosowanie przy sterowaniu szeregowym.

Sterowanie szeregowo jest możliwe przy niskim poziomie podanym na wejściu EASY/u-COM. Jest ono stosowane najczęściej podczas współpracy układu z mikrokontrolerami. Sposób wprowadzania danych do układu T62M0001A został pokazany na rys. 1.

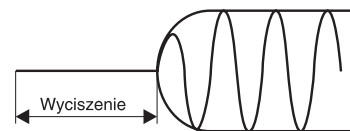
Wpisywana ramka składa się z 10 bitów. Pierwszy bit włącza/

wyłącza funkcję SLEEP (uśpienia układu), kolejne cztery niosą informację o czasie opóźnień (zgodnie z tab. 1), szósty bit włącza/wyłącza funkcję wyciszania MUTE (płynne wyciszenie sygnału audio na wyjściu). Ostatnie cztery bity odpowiadają za identyfikację układu: ID1=0, ID3=0, ID2=1, ID4 - stan taki sam jak na wejściu IDSW (wyprowadzenie 7.).

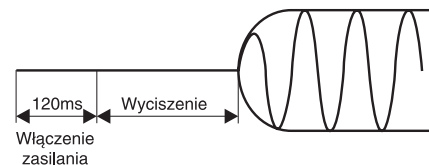
Wyciszenie sygnału wyjściowego w trybie pracy równoległej następuje przy każdej zmianie czasu opóźnień lub po wyjściu z funkcji SLEEP, a także zaraz po włączeniu zasilania układu. Przy sterowaniu szeregowym funkcja wy-



Rys. 2 Ilustracja działania modułu wyciszania po zmianie czasu opóźnień



Rys. 3. Ilustracja działania modułu wyciszania po wyjściu ze stanu sleep



Rys. 4. Ilustracja działania modułu wyciszania po włączeniu zasilania

ciszania jest włączana szóstym bitem: poziom wysoki - włączone wyciszenie, poziom niski - włączone wyciszenie automatyczne. Na rys. 2, 3 i 4 przedstawiono przebiegi ilustrujące działanie funkcji automatycznego wyciszania (odpowiednio): po zmianie czasu opóźnień, po wyjściu z funkcji SLEEP, po włączeniu zasilania.

Po włączeniu funkcji SLEEP moc pobierana przez układ radykalnie się zmniejsza, co jest uzyskiwane m.in. poprzez zatrzymanie wewnętrznego zegara i wyłączenie zasilania wbudowanej pamięci RAM.

Zerowanie układu następuje automatycznie po włączeniu zasilania i trwa przez około 120 ms. Czas opóźnienia po zerowaniu wynosi 147,5 ms.

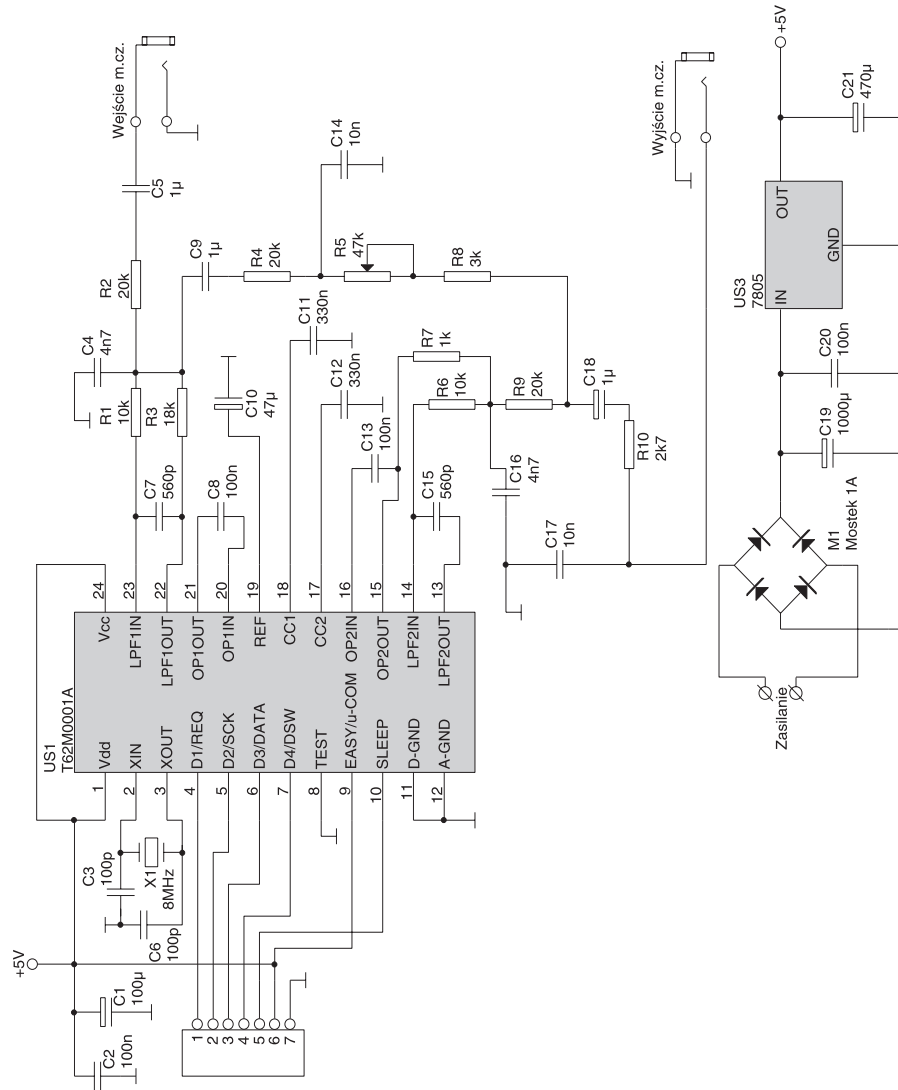
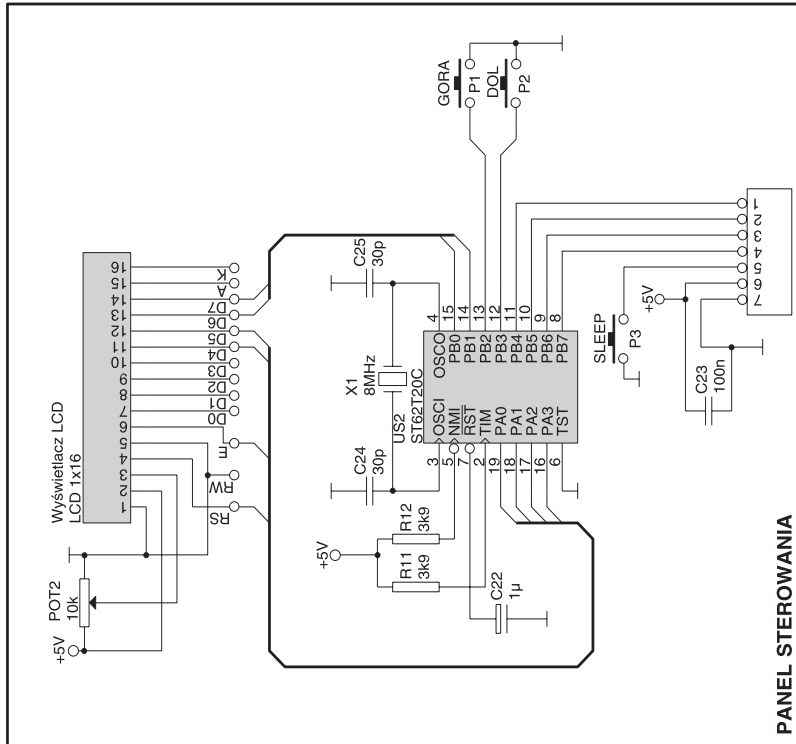
### Opis układu

Schemat elektryczny układu cyfrowego echa pokazano na rys. 5. Można w nim wyróżnić następujące bloki funkcjonalne:

- tor audio dla sygnału echa (elementy wokół T62M0001A),
- układ sterowania składający się z mikrokontrolera ST62T20C obsługującego dwa przyciski oraz wyświetlacza LCD,
- zasilacz stabilizowany zapewniający na wyjściu napięcie +5 V.

Układ T62M0001A włączono w typowej konfiguracji ze sterowaniem równoległym.

Dzięki zastosowaniu sterowania równoległego, układ T62M0001A może pracować autonomicznie, bez konieczności stosowania dodatkowego bloku sterowania. Ma to podstawowe znaczenie przy jego uruchamianiu i testowaniu.



Rys. 5. Schemat elektryczny układu echa

Program dla mikrokontrolera ST62 został napisany za pomocą znanego Czytelnikom pakietu programowego ST6 Realizer. Plik źródłowy programu znajduje się na płycie dołączonej do bieżącego numeru EPo/oL. Jest także dostępne na naszej stronie WWW.

Obsługa układu jest dosyć łatwa: po włączeniu zasilania na wyświetlaczu LCD pojawia się napis „ECHO 0“. Porty PB4...PB7 (sterujące pracą T62M0001A) są ustawione na poziomie niskim, w związku z czym opóźnienie sygnału akustycznego wynosi 12,3 ms. Każde naciśnięcie przycisków *góra/dół* powoduje zmianę stanów na wyjściach sterujących procesora. Zmiana na wyświetlaczu LCD napisu w zakresie od 0 do 8 następuje po co drugim naciśnięciu przycisku. Sygnał akustyczny zostaje opóźniony o wartość czasu zależną od ustawienia stanów logicznych na wejściach sterujących układu T62M0001A (patrz tab. 2).

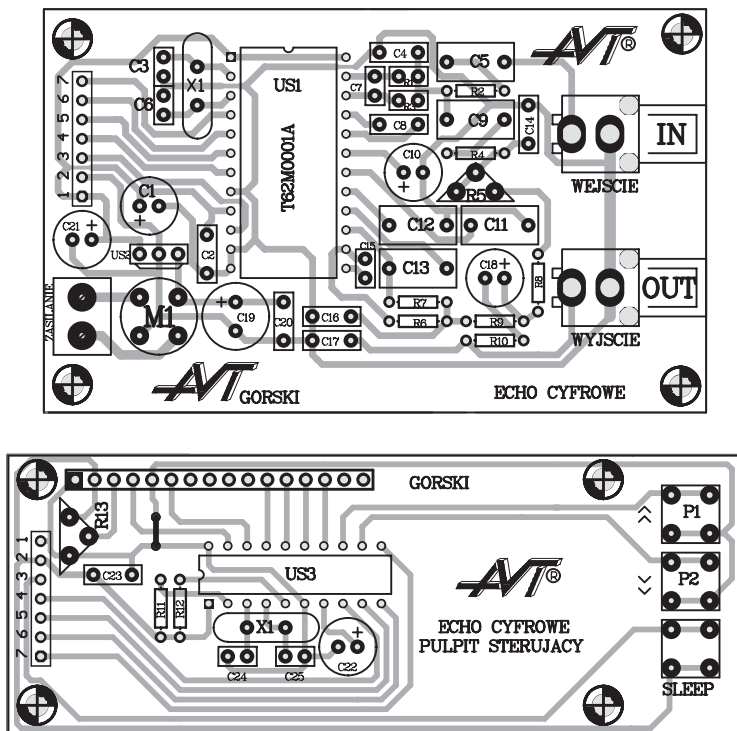
Jak wiemy, samo opóźnienie sygnału akustycznego na wyjściu układu echa nie daje żadnych efektów, dopóki nie jest on zmiksowany z sygnałem wejściowym.

Aby efekt echa był odczuwalny podczas odsłuchu, wejście układu zostało połączone z wyjściem poprzez prosty pasywny sumator sygnałów (składa się m.in. z elementów: R4, R5, R8, R9 i C9).

Tab. 2. Czasy opóźnień sygnału analogowego w zależności od stanów logicznych na wejściach D1...D4

| D4 | D3 | D2 | D1 | fs    | Td [ms] |
|----|----|----|----|-------|---------|
| L  | L  | L  | L  | Fck/3 | 12,3    |
| L  | L  | L  | H  | Fck/3 | 24,6    |
| L  | L  | H  | L  | Fck/3 | 36,9    |
| L  | L  | H  | H  | Fck/3 | 49,2    |
| L  | H  | L  | L  | Fck/3 | 61,4    |
| L  | H  | L  | H  | Fck/3 | 73,7    |
| L  | H  | H  | L  | Fck/3 | 86,0    |
| L  | H  | H  | H  | Fck/3 | 98,3    |
| H  | L  | L  | L  | Fck/6 | 110,6   |
| H  | L  | L  | H  | Fck/6 | 122,9   |
| H  | L  | H  | L  | Fck/6 | 135,2   |
| H  | L  | H  | H  | Fck/6 | 147,5   |
| H  | H  | L  | L  | Fck/6 | 159,7   |
| H  | H  | L  | H  | Fck/6 | 172,0   |
| H  | H  | H  | L  | Fck/6 | 184,3   |
| H  | H  | H  | H  | Fck/6 | 196,6   |

fs - częstotliwość próbkowania,  
Fck - częstotliwość wzorcowa - typowo 2 MHz,  
Td - czas opóźnienia (w milisekundach)



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płytkach drukowanych

Jego zadaniem jest zsumowanie sygnału akustycznego opóźnionego z wejściowym oraz ustalenie odpowiedniego poziomu (regulowanego R5).

Każda zmiana czasu opóźnienia powoduje krótkotrwałe wyciszenie opóźnionego sygnału. W celu uzyskania podsłuchu samego sygnału wejściowego (bez sumowania z opóźnionym) należy nacisnąć przycisk SLEEP na panelu sterowania.

### Montaż i uruchomienie

Układ echa został zmontowany na dwóch płytkach drukowanych, których schematy montażowe pokazano na rys. 6. Po zgromadzeniu wszystkich niezbędnych elementów możemy przystąpić do montażu, który nie powinien zająć dużo czasu. Należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe połączenie ze sobą obydwu płytek drukowanych.

Uruchomienie układu należy przeprowadzić dwuetapowo: najpierw uruchamiamy panel stereo-

wania, następnie zasadniczą część układu. W bloku sterowania należy ustawić potencjometrem POT2 odpowiedni kontrast wyświetlacza LCD. Po zaprogramowaniu mikrokontrolera, osadzeniu go w podstawce i włączeniu zasilania blok zaczyna działać. Można dodatkowo sprawdzić miernikiem lub próbnikiem stanów logicznych stany logiczne na wyjściach sterujących.

W kolejnym kroku uruchomiany jest układ echa. W tym celu należy na wejście podać sygnał akustyczny pochodzący np. z odtwarzacza płyt CD i regulując potencjometrem R5 ustawić odpowiedni poziom miksowanego sygnału wejściowego z wyjściowym. Tę czynność wykonujemy na słuch. Należy przy tym pamiętać, że sygnał akustyczny na wejściu nie może być zbyt duży, ze względu na możliwość wystąpienia zniekształceń.

Za pomocą tego układu można opóźnić sygnał monofoniczny. Dla opóźnienia sygnału stereo-

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

- R1, R6: 10kΩ
- R2, R4, R9: 20 kΩ
- R3: 18 kΩ
- R5: 47 kΩ potencjometr
- R7: 1 kΩ
- R8: 3 kΩ
- R10: 2,7 kΩ
- R11, R12: 3,9 kΩ
- R13: 10 kΩ potencjometr

#### Kondensatory

- C1: 100μF/16V
- C2, C8, C13, C20, C23: 100nF
- C3, C6: 100pF
- C4, C16: 4,7nF
- C5, C9, C18, C22: 1μF/16V
- C7, C15: 560pF
- C10: 47μF/16V
- C11, C12: 330nF
- C14, C17: 10nF
- C19: 1000μF/25V
- C21: 470μF/15V
- C24, C25: 30pF

#### Półprzewodniki

- US1: T62M0001A
- US2: ST62T20C - zaprogramowany
- US3: 7805

#### Różne

- X1: 8MHz
- P1...P3: przyciski do druku
- Gniazdo Cinch do druku (2 szt.)
- ARK2
- Wyświetlacz LCD 1x16

nicznego potrzebne są dwa układy T62M0001A. Aby otrzymać sygnał stereofonicznego echa, należy użyć dwóch płytek drukowanych bloku głównego, których wejścia sterujące należy połączyć ze sobą i dołączyć do wyjść bloku sterującego. Elementy zasilacza montujemy tylko na jednej z płytek bloku głównego, z której zasilane są pozostałe części układu.

### Krzysztof Górski, AVT

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/grudzien02.htm> oraz na płycie CD-EP12/2002B w katalogu PCB.