

Audioprocessing, część 2

Pakiet prototypowy z NEC μ PC1892 i National LM2876/LM3876

Szaleństwo Surround zatacza coraz szersze kręgi. Otoczeni głośnikami nie powinniśmy jednak pozbywać się telewizorów stereofonicznych starszej konstrukcji, możemy je bowiem sami wyposażać w dodatkowe kanały audio. NEC oferuje niezbędny do tego układ scalony μ PC1892, zaś National Semiconductor dostarcza rodzinę wzmacniaczy scalonych audio najnowszej generacji, noszących wspólne miano „Overture”. Mamy więc elementy do zbudowania pakietu Surround, który zapewni zarówno odpowiednią moc jak i brzmienie.

Od początku lat 80-tych wyprodukowano ponad 6000 filmów w technologii Dolby-Surround. Przeżywanie związanych z tym efektów dźwiękowych przestało jednak dawno być domeną sal kinowych. Uroki pełnego brzmienia odkryli także twórcy niektórych programów telewizyjnych. Coraz częściej są emitowane filmy z dźwiękiem stereo, przy czym brzmienie Surround otrzymujemy jako darmowy dodatek. Telewizor z dźwiękiem stereo, wyposażony w dekodery Surround i związane z nim głośniki, wprowadza także do naszych mieszkań dodatkowe efekty audiowizualne. Nie musimy jednak korzystać z licencji firmy Dolby, o czym świadczy opisany poniżej pakiet Surround. Podstawowymi jego elementami są przetwarzający dźwięk układ scalony μ PC1892 i cztery scalone wzmacniacze mocy LM3876 (rysunek 1).

Czarodziej brzmienia

Po lekturze artykułu o poszerzeniu bazy stereo (EP1/95) zrozumienie struktury μ PC1892 (rysunek 2) nie powinno stanowić problemu. Podobieństwo do znanego układu TDA3810 jest uderzające. Kostka NECA jest, praktycznie biorąc, uzupełnieniem TDA3810 o kilka dodatkowych układów.

Szczególną rolę odgrywa kanał Surround ϕ (L-R), który zasila głośnik umieszczony z tyłu (Rear Output). Filtr dolnoprzepustowy LPF2 (7kHz) zapewnia nie tylko zbliżoną do Dolby charakterystykę częstotliwościową dla tylnego głośnika, ale w zakresie średnich częstotliwości ogranicza oddziaływanie efektu poszerzenia bazy wytworzonego przez układ Matrix. Układ μ PC1892 zawiera ponadto szereg regulatorów pozio-

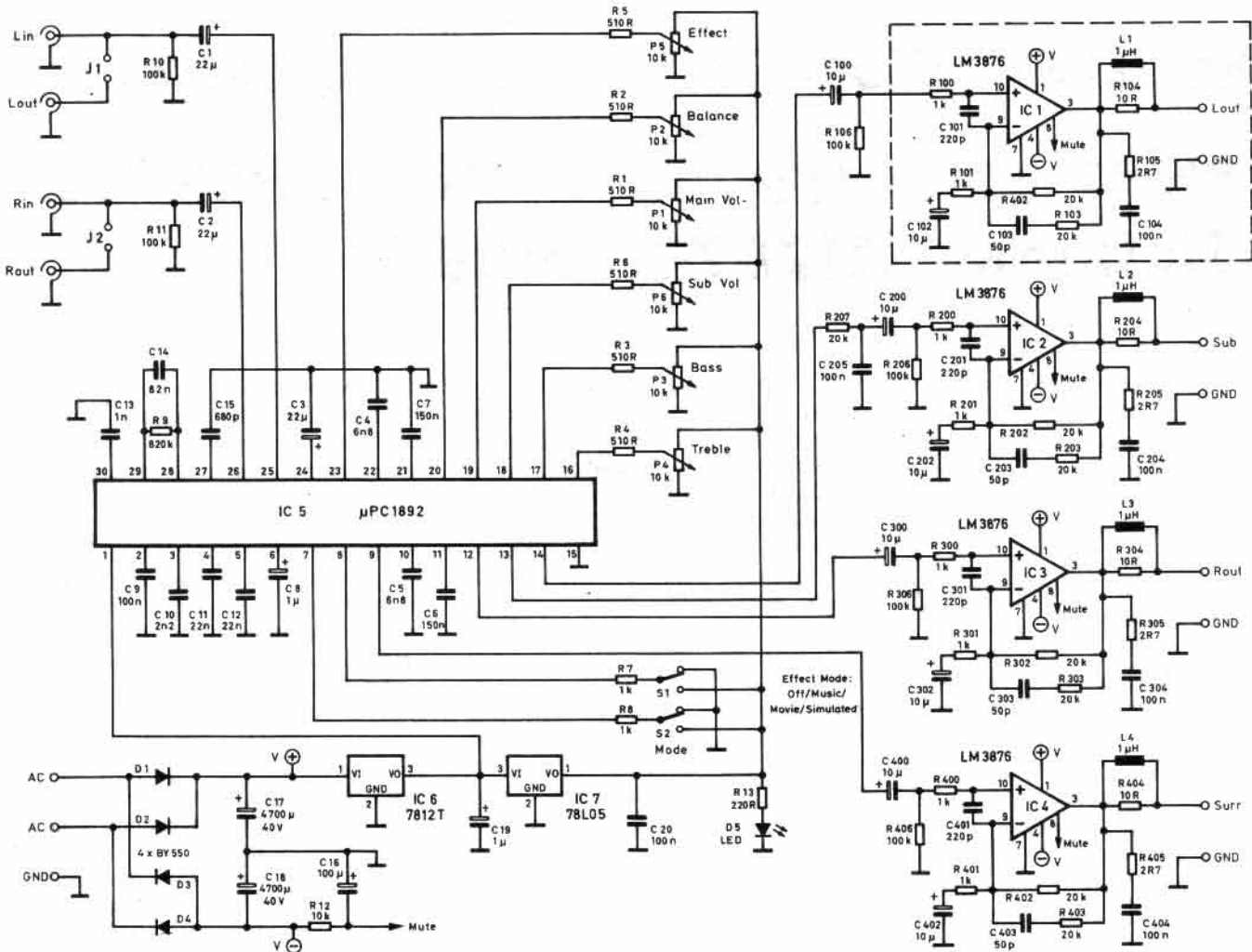
mu, przełącznik do wybierania efektów i układ regulacji barwy dźwięku. O środkowym głośniku także pomyślano - służy mu wyjście L+R z regulowanym poziomem.

Układ μ PC1892 oferuje trzy tryby pracy, z których każdy można wybrać cyfrowo lub przy pomocy przełączników (tabela 1). Tryb „Music” to tryb z klasycznym poszerzeniem bazy. Tryb „Movie” (Kino) dostarcza dodatkowych efektów, zarówno dla głośników przednich, jak i tylnych. W trybie „Simulated” z sygnału Mono zostaje wygenerowany efekt pseudo-stereo.

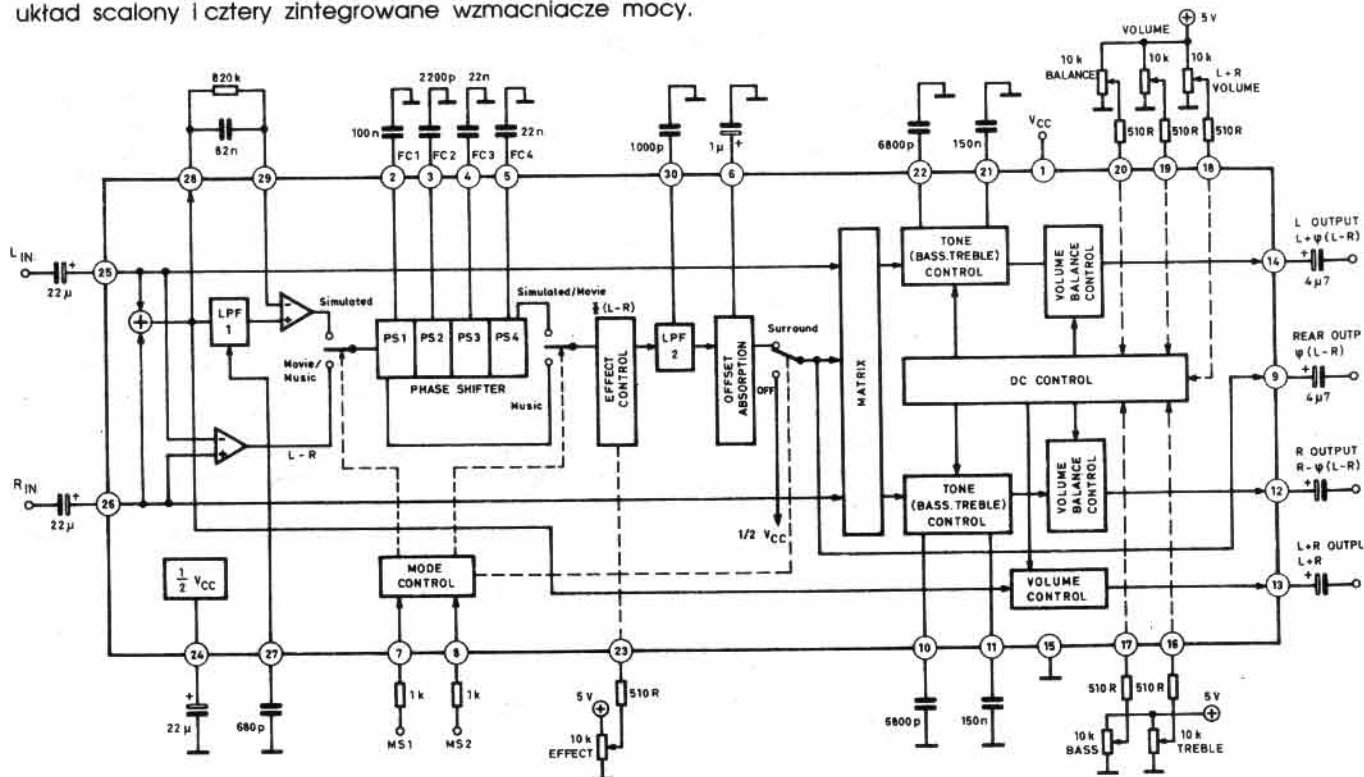
W tym ostatnim trybie punktem wyjścia jest suma sygnałów mono (L+R). Sygnał „Simulated” uzyskuje się przy pomocy filtru wszech-przepustowego. Filtr ten składa się z kombinacji filtrów dolno- i górnoprzepustowego (LPF1 + wzmacniacz operacyjny - końcówki 28 i 29). Sygnał „Simulated” przechodzi przez wielostopniowy przesuwnik fazowy i po ponownym przefiltrowaniu przez filtr dolnoprzepustowy (LPF2) wychodzi jako sygnał Surround. Sygnał ten służy nie tylko do zasilania tylnych głośników (Rear Outp), ale także zostaje domieszany, przy pomocy układu „Matrix”, do obu głównych kanałów. Pod określeniem „Matrix” ukrywa się prosty układ 2 wzmacniaczy operacyjnych (rysunek 3). Dodaje on odwrócony w fazie sygnał Surround do lewego kanału, zaś

Tab. 1. Rodzaje pracy μ PC1892

Tryb	MS1 (k. 7)	MS2 (k. 8)
Off	L	L
Muzyka	H	L
Film	L	H
Symulacja	H	H



Rys. 1. Nic więcej nie potrzeba, aby zachwycać się rezultatami przetwarzania Surround: jeden specjalizowany układ scalony i cztery zintegrowane wzmacniacze mocy.



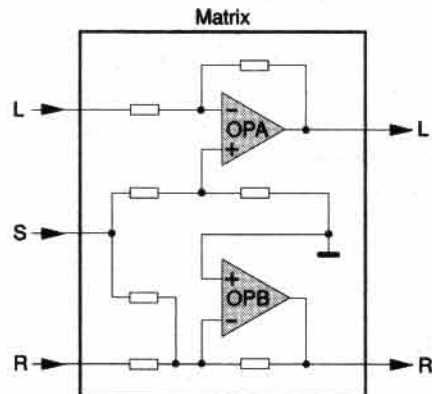
Rys. 2. Struktura wewnętrzna układu µPC1892 firmy NEC

nieodwrócony w fazie do prawego kanału. Bez odwracania fazy nie funkcjonowałyby ani symulacja stereo ani klasyczne poszerzenie bazy (w trybie „Music“).

W trybie „Movie“ przesuwnik fazowy jest sterowany przez wzmacniacz różnicy (L-R), co jest warunkiem powstania sygnału stereo, a zwłaszcza sygnału Dolby-Surround. Sygnał Surround jest odpowiedzialny przede wszystkim za efekty przestrzenne reprodukowane przez tylne głośniki - ponieważ jednak jest podawany na układ „Matrix“, to przyczynia się także do wywołania odpowiednich efektów w przednich głośnikach.

W trybie „Music“ działanie układu redukuje się do poszerzenia bazy stereo. W tym trybie dodatkowe przesunięcie fazowe sygnału różnicowego powoduje także raczej negatywne skutki - podłączenie tylnych głośników wywołuje, niezależnie od niemożności odłączenia efektu poszerzenia bazy stereo, efekt Quasi-Quadrofonii. Mimo to materiał dźwiękowy nagrany w systemie Dolby-Surround daje się w tym trybie dobrze wykorzystać, jeżeli w kanał „Rear Output“ wprowadzimy opóźnienie, zgodnie z procedurą przewidzianą przez firmę Dolby. Uwzględnia to procesor Surround YM7128 Yamahy, który zostanie omówiony w trzeciej części naszego cyklu.

Barwa tonu, siła głosu i poziom efektów są w μ PC1892 realizowane przy pomocy VCA (Voltage Controlled Amplifiers). Niezbędne napięcia sterujące można



Rys. 3. To proste połączenie dwóch wzmacniaczy operacyjnych tłumaczy tajemnicę układu „Matrix“.

Tab. 2. Podstawowe dane układów scalonych rodziny „Overture“

	LM2876	LM3875	LM3876	
Napięcie pracy	min.	$\pm 9V$	$\pm 10V$	$\pm 9V$
	max.	$\pm 30V$	$\pm 42V$	$\pm 42V$
Moc wyjściowa (min.)	25W / 8 Ohm	40W / 8 Ohm	40W / 8 Ohm	
Zawartość trzeciej harmonicznej i szumu	0,06%	0,06%	0,06%	
Stosunek sygnał/szum	1W	98dB	98dB	98dB
	40W	114dB	114dB	114dB
Zniekształcenia intermodulacyjne: 60Hz, 7kHz, 4:1	0,0004%	0,0004%	0,0004%	
Wejście MUTE	tak	nie	tak	

uzyskać albo z przetworników C/A albo prościej, jak w opisywanym pakiecie, przy pomocy potencjometrów. Z odpowiedzialnego za określanie siły głosu układu VCA, charakteryzującego się współczynnikiem zniekształceń ok. 0,15%, perfekcyjniści mogą być niezadowoleni, ale jego dynamika wynosząca 100dB jest całkowicie wystarczająca.

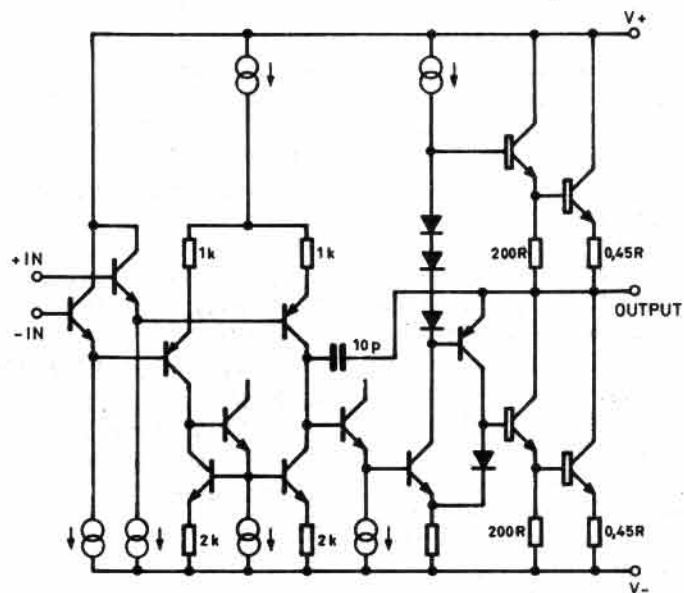
Uwertura na krzemie

Kto chce eksperymentować z efektami Surround, potrzebuje wzmacniaczy mocy. Potrzeby te zaspokaja National Semiconductor oferując rodzinę wzmacniaczy mocy audio nazwaną „Overture“ (tabela 2). Zapakowane w 11-końcówkowe obudowy TO220 dostarczają (w zależności od typu) ciągłej mocy do 40W/8 Ω przy jakości CD. Jako elementy zewnętrzne potrzebne są tylko podzespoły wchodzące w skład obwodów

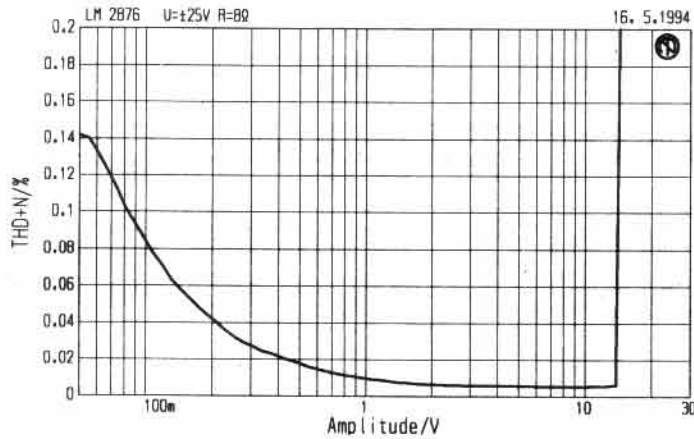
sprężenia zwrotnego (rys. 1). Wszystkie trzy typy są wyposażone w stopień mocy nie, jak można by się spodziewać, w układzie mostkowym, a całkiem konwencjonalny - w postaci symetrycznego układu przeciwobnego (rysunek 4).

Audio-elektronicy prawdopodobnie zauważą brak w układzie co najmniej dwóch potencjometrów - do ustawiania offsetu i prądu spoczynkowego. Sprawy te ułatwiają reprezentanci „Overture“ swą strukturą wewnętrzną. Zabezpieczenia obejmują:

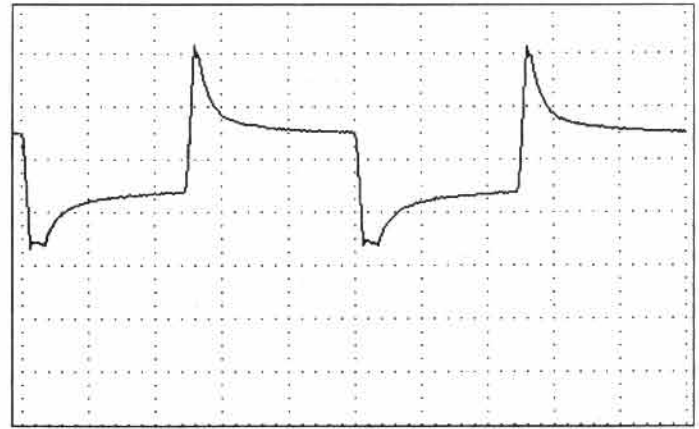
- zabezpieczenie nad- i podnapięciowe
- zabezpieczenie przeciążeniowe
- zabezpieczenie przed zwarcieniem do masy i do zasilania
- zabezpieczenie termiczne
- dynamiczny nadzór SOA (Safe Operating Area)
- wyjście pozbawione „uderzenia“ załączania i wyłączania



Rys. 4. Strukturę układów scalonych z rodziny „Overture“ ich twórca (firma National Semiconductor) określa jako aktywnie wytłaczające układy zabezpieczeń



Rys. 5. Procentowa zawartość trzeciej harmonicznej i szumu zmierzona dla sygnału 1kHz i napięcia zasilania $\pm 25V$



Rys. 6. Oscylogram napięcia na zwartym wyjściu przy pełnymysterowaniu ($y = 0,5V/Div$, $x = 0,2ms/Div$)

Zabezpieczenie podnapięciowe zwiera wyjście do masy tak długo, dopóki napięcie na końcówce 4 nie osiągnie poziomu $-9V$. Dzięki takiemu rozwiązaniu przekaznik eliminujący stany nieustalone związane z włączaniem i wyłączeniem wzmacniacza stał się zbędny. Po włączeniu zasilania stopniowo rzeczywiście z głośników nie wydobywa się żaden odgłos; przy wyłączeniu z trudem można usłyszeć opóźnione stuknięcie. Zasilany z jednego napięcia $\mu PC1892$ przy włączaniu i wyłączeniu powoduje jednak głośne stuknięcie, którego niestety nie da się wyeliminować przy pomocy zainstalowanego w kostkach Nationala układu „Mute”; potrzebne byłoby opóźnienie wynoszące co najmniej 1s.

Zabezpieczenie nadnapięciowe (voltage clamping) ogranicza prąd wyjściowy do ok. 4A. Przy temperaturze $165^{\circ}C$ układ scalony odłącza się, zaś przy schłodzeniu do $155^{\circ}C$ staje się ponownie aktywnym. Krótkotrwałe przeciążenia, mogące doprowadzić do termicznego zniszczenia tranzystorów mocy, są tym samym skutecznie eliminowane. Oscylogram (rysunek 6) dla sygnału sinusoidalnego 1kHz pokazuje, jak w sytuacji przeciążenia zostaje on zdeformowany - przypomina to statyczne ograniczenie prądu stosowane w końcówkach starszego typu. Amplituda jest szybko ograniczana i szybko wraca do dopuszczalnego poziomu - prowadzi to do słyszalnych zniekształceń, które mogą stanowić zagrożenie dla głośników wysokotonowych. Rysunek 5 ilustruje zmierzoną pro-

centową zawartość w sygnale wyjściowym trzeciej harmonicznej + szum (THD+N). Otrzymane dane są znacznie lepsze od wartości podanych w tabeli 2, ale te ostatnie obejmują całe pasmo, a nie jedynie reakcję na sygnał o częstotliwości 1kHz.

Przy maksymalnymysterowaniu, tj. do wystąpienia ograniczenia, przy zasilaniu $\pm 25V$ i obciążeniu 8Ω , stopień końcowy zapewnia dynamikę 105dB, moc 24,5W i idealną odporność na zwarcia. Tytułem próby, przy pełnymysterowaniu, wykonywano krótkim przewodem zwarcia wyjścia LM2876 na masę. Bez dobrze funkcjonującego zabezpieczenia powinno to prowadzić do natych-

miastowej śmierci kostki. Rysunek 6 ilustruje otrzymane wyniki i zarazem skuteczność działania zabezpieczenia.

O tym, że za podwyższoną niezawodność płaci się większymi stratami mocy, przekonujemy się porównując stosunek napięcia zasilania do maksymalnego napięcia wyjściowego. W wypadku rodziny „Overture” maksymalna amplituda napięcia wyjściowego jest mniejsza od obu napięć zasilania („+” i „-”) o 5,2V, co jest wartością znacznie większą niż typowa dla układów „klasycznych”. Stratom mocy towarzyszy oczywiście wydzielanie ciepła. Prąd spoczynkowy, wynoszący 38mA, dodatkowo przyczynia się do konieczności

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1...R6: 510 Ω
- R7, R8, R100, R101, R200, R201, R300, R301, R400, R401: 1k Ω
- R9: 820k Ω
- R10, R11, R106, R206, R306, R406: 100k Ω
- R12: 10k Ω
- R102, R103, R202, R203, R207, R302, R303, R402, R403: 20k Ω
- R13: 220 Ω
- R104, R204, R304, R404: 10 $\Omega/2W$
- R105, R205, R305, R405: 2,7 $\Omega/2W$
- R500...R513: mostki z drutu
- P1...P6: potencjometr 10k Ω , liniowy

Kondensatory

- C1, C3: 22 $\mu F/25V$
- C4, C5: 6,8nF
- C6, C7: 150nF
- C8, C19: 1 $\mu F/25V$
- C9, C20, C104, C204, C205, C304, C404: 100nF

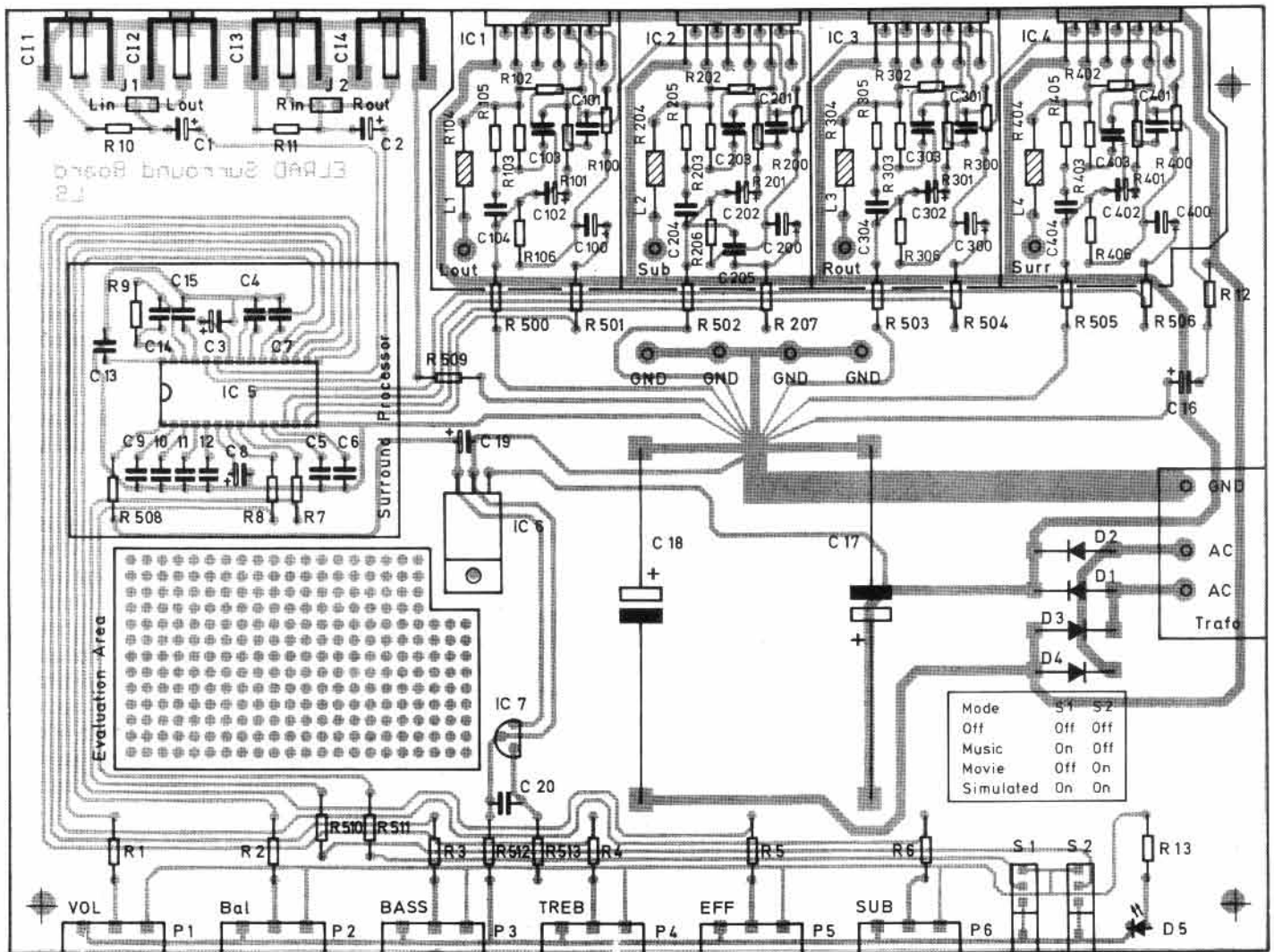
- C10: 2,2nF
- C11, C12: 22nF
- C13: 1nF
- C14: 82nF
- C15: 680pF
- C16: 100 $\mu F/40V$
- C17, C18: 4700 $\mu F/40V$
- C100, C102, C200, C202, C300, C302, C400, C402: 10 $\mu F/25V$
- C101, C201, C301, C401: 220pF
- C103, C203, C303, C403: 50pF

Półprzewodniki

- U1...4: LM2876/3876
- U5: $\mu PC1892$
- U6: 7812
- U7: 78L05
- D1...4: BY550

Różne

- L1...L4: cewka ok. 1 μH (11 zwojów Cu nawiniętych na rezystor 10 Ω)
- C11...C14: gniazda cinch
- J1, J2: zworki 2 biegunowe
- S1, S2: przelącznik



Rys. 7. Płytką drukowaną pakietu Surround pozostawia wystarczająco dużo miejsca dla ewentualnej rozbudowy

ci zastosowania odpowiednio dużego radiatora. Napięcie wyjściowe (przy braku wysterowania) wynosi 3,8mV, co uwzględniając brak zewnętrznych elementów ustawiania offsetu jest wartością bardzo dobrą. Dynamika jest przekonywująca - z uchem przy wyso-

kotonwym głośniku nie da się usłyszeć żadnych szumów.

W zależności od zastosowanego transformatora sieciowego i pożądanej mocy należy zastosować odpowiedni typ wzmacniacza mocy: LM2876 (25W,±25V) lub LM3876 (40W,±35V). Typ LM3875

z niezrozumiałych względów ma odmienne wyprowadzenie końcówek. Stopień wyjściowy dla kanału mono (L+R) jest poprzedzony filtrem dolnoprzepustowym RC 1-go rzędu (R207, C205, 6dB/oct), ponieważ z zasady zasila subwoofer. **Rysunek 7** pokazuje sposób rozmieszczenia elementów na płytce drukowanej. Dzięki czterem złączom Cinch uzyskuje się dużą elastyczność montażu. Sygnały wejściowe, przy zwartych J1/J2, mogą być doprowadzone do jakiegoś innego, zewnętrznego wzmacniacza. Przy rozwartych zworkach i połączeniu zwolnionych punktów z wyjściami L/R kostki μ PC1892 można ten zewnętrzny wzmacniacz wykorzystać - w tej sytuacji na omawianym pakiecie okażą się zbędnymi dwa wzmacniacze mocy.

Matthias Carstens, ELRAD 8/94

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją ELRAD.