

Elektroniczne "fale Pacyfiku", część 1

W czasach pełnych stresów warto odprężyć się kojącymi dźwiękami morskich fal w zaciszu własnego domu!

Nie ma wątpliwości, że jednym z najbardziej odprężających dźwięków natury jest szum fal załamujących się na brzegu morza. Uspokaja on duszę, a w dzisiejszych, pełnych stresów czasach przechadzka wzdłuż plaży jest nie tylko przyjemnością, lecz także terapią.

Niestety, wybrzeże morskie nie jest w zasięgu każdego z nas. Mieszkańcy terenów przymorskich dobrze wiedzą, że pogoda nie zawsze sprzyja spacerom.

Wytwarzanie dźwięków przyboju w domowym zaciszu jest bardzo przyjemne, pozwala zasiąść wygodnie, zamknąć oczy i poddać się uczuciu spokoju i pogody. Może być specjalnie użyteczne dla lubiących medytację, ponieważ maskuje natrętne dźwięki zewnętrzne i wytwarza atmosferę głębokiego skupienia i odprężenia.

Opisany układ „generatora“ fal Pacyfiku jest przeznaczony do maksymalnie realistycznego odtwarzania dźwięku fal przyboju przez domowy system stereo.

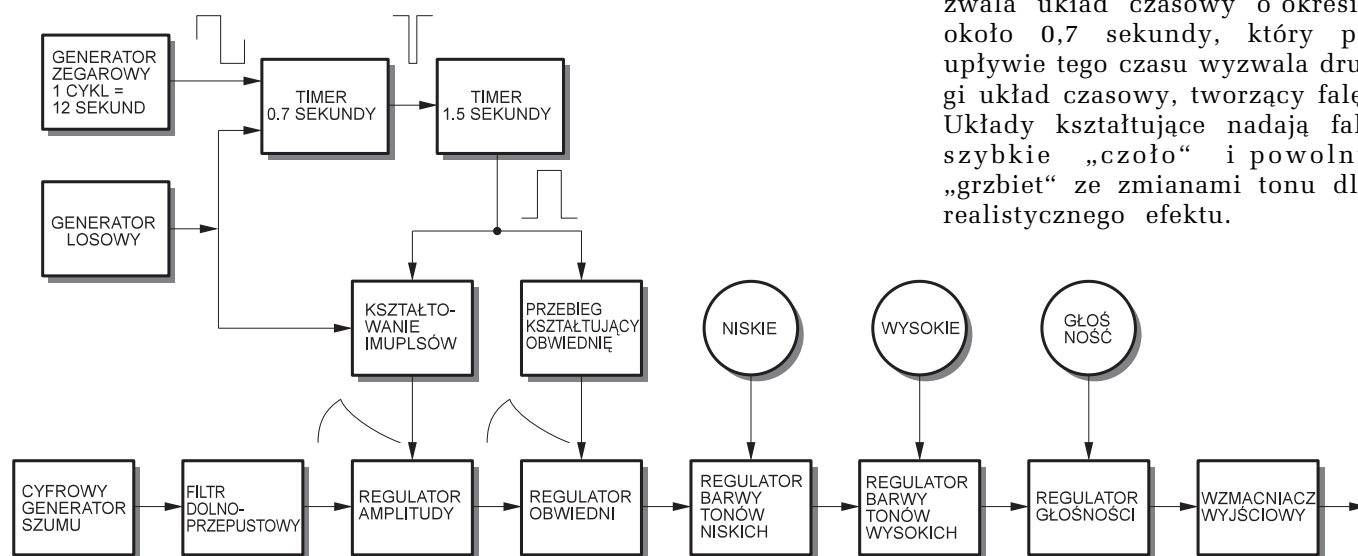
Jak układ działa

Schemat blokowy układu przedstawiono na rys.1. W jego dolnej części znajduje się cyfrowy generator szumu, dostarczający strumienia „przypadkowych bitów“. Rysunek przedstawia pojedynczą ścieżkę sygnału, ale układ działa stereofonicznie i większość jego składników jest podwójna.

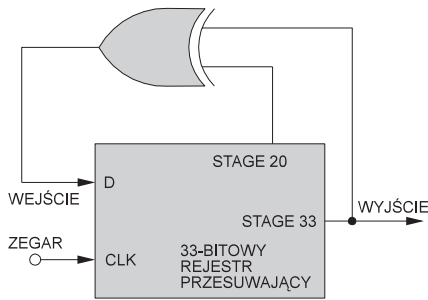
Generator szumu ma dwa wyjścia, po jednym na każdy kanał. Filtry dolnoprzepustowe zamieniają oba strumienie bitów na analogowe sygnały białego szumu, przetworzone na „dźwięki przyboju“. Elektroniczne układy sterowania amplitudy i wysokości tonu formują szum w „fale“, a ręczne regulatory barwy i głośności pozwalają zgodnie z indywidualną potrzebą na regulację dźwięku przed regulacją poziomu w stopniu końcowym.

Górna część schematu na rys. 1 przedstawia układ sterujący tworzenia „przyboju“ z białego szumu. Zawiera on zegar ustalający częstotliwość „fal“ o okresie około dwunastu sekund.

W każdym kanale zegar wyzwala układ czasowy o okresie około 0,7 sekundy, który po upływie tego czasu wyzwala drugi układ czasowy, tworzący falę. Układy kształtujące nadają fali szybkie „czoło“ i powolny „grzbiet“ ze zmianami tonu dla realistycznego efektu.



Rys. 1. Schemat blokowy układu fal Pacyfiku. Pokazany jest tylko jeden kanał, ale układ jest dwukanałowy (stereo).



Rys. 2. Uproszczony schemat generatora pseudolosowej sekwencji bitów (PRBS).

Na rys. 1 jest jeszcze pokazany generator losowy, wytwarzający powolnie zmieniające się napięcie, wpływające na okres pierwszego układu czasowego i nieco na sygnał wejściowy układów formujących. Użyto dwóch generatorów losowych, po jednym w każdym kanale, dzięki czemu „fale“ załamują się czasem jednocześnie, a czasem wcześniej z jednej lub drugiej strony, ze zmieniającymi się niestannie głośnością i tonem, jak w rzeczywistości. Układ jest dość złożony, ale uzyskany efekt końcowy jest zdumiewający i wart włożonego trudu.

Biały szum

Na rys. 2 przedstawiono uproszczony schemat generatora białego szumu. Jest to generator pseudolosowej sekwencji bitów (PRBS), złożony z rejestru przesuwającego i bramki XOR.

Sygnał wyjściowy rejestru przesuwającego jest uwarunkowany XOR z sygnałem jego odgałęzionego wyjścia i doprowadzony zwrotnie do jego wejścia, wywołując generację pozornie losowych ciągów bitów. W rzeczywistości tworzy on pewną dokładną sekwencję, jest jednak ona tak długa, że wydaje się przypadkowa. Magiczne liczby długości rejestru i punktu odgałęzienia tworzą maksymalną długość sekwencji dla danej wielkości rejestru. W tym przypadku rejestr ma 33 stopnie, odgałęzienie następuje na 20 stopniu, więc przy taktowaniu częstotliwością 1MHz całkowita sekwencja zajmuje ponad dwie godziny!

Opis układu

Generatorem zegarowym na rys. 3 jest oscylator Colpittsa zestawiony z bramki IC4d, dławika L1 i kondensatorów C12 i C13, generujący częstotliwość około 1MHz i buforowany bramką IC4c. Rejestr przesuwający składa się z dwóch szeregowo połączonych rejestrów 4006B, IC5 i IC6, umożliwiających dobranie wymaganej długości i potrzebnego punktu odgałęzienia rejestru. Bramka IC4a zbiera sygnały z wyjścia i z odczepu tworząc sygnał sprzężenia zwrotnego do wejścia.

Tego rodzaju układ PRBS może znaleźć się w stanie, w którym wszystkie przepływające bity są zerami, ale tej możliwości zapobiega kondensator C14 i rezystor R28. W przypadku gdy zdarzy się strumień zer, C14 ładuje się przez R28, aż na wejściu 1 IC4a pojawi się jedynka, która wywoła restart sekwencji.

Jeden sygnał wyjściowy jest brany z wyjścia 9 IC6, a drugi powstaje w IC4b z kombinacji z sygnałem z 16. stopnia rejestru. Choć jest związany z pierwszym sygnałem, ale ani nie brzmi tak jak on, ani jak on nie wygląda, nadaje się więc jako drugi sygnał.

Poczynając od tego punktu opisywany będzie tylko jeden kanał układu, ponieważ oba są identyczne. Sygnał z wyjścia 9 IC6 jest przetwarzany w analogowy sygnał białego szumu w dwustopniowym filtrze dolno-przepustowym, R30-C15-R32-C17. Rezystor R33 tłumy go do poziomu wymaganego przez układy regulacji głośności i tonu.

Układy te wykorzystują zjawisko zależności impedancji krzemowej diody detekcyjnej od płynącego przez nią małego prądu stałego. Sygnał napięcia zmiennego jest doprowadzany do diod D5 i D7 przez kondensator C19, a prąd stały głównie przez rezystor R35.

Napięcie docierające do rezystora R35 reguluje przepływ prądu, który steruje amplitudą sygnału na rezystorze R38. Przez

kondensator C23 przechodzi on do tłumika wielkiej częstotliwości R43-C28, którego tłumienie zależy od prądu doprowadzanego do diody D10 przez rezystor R44.

Sterowanie amplitudą i tonem

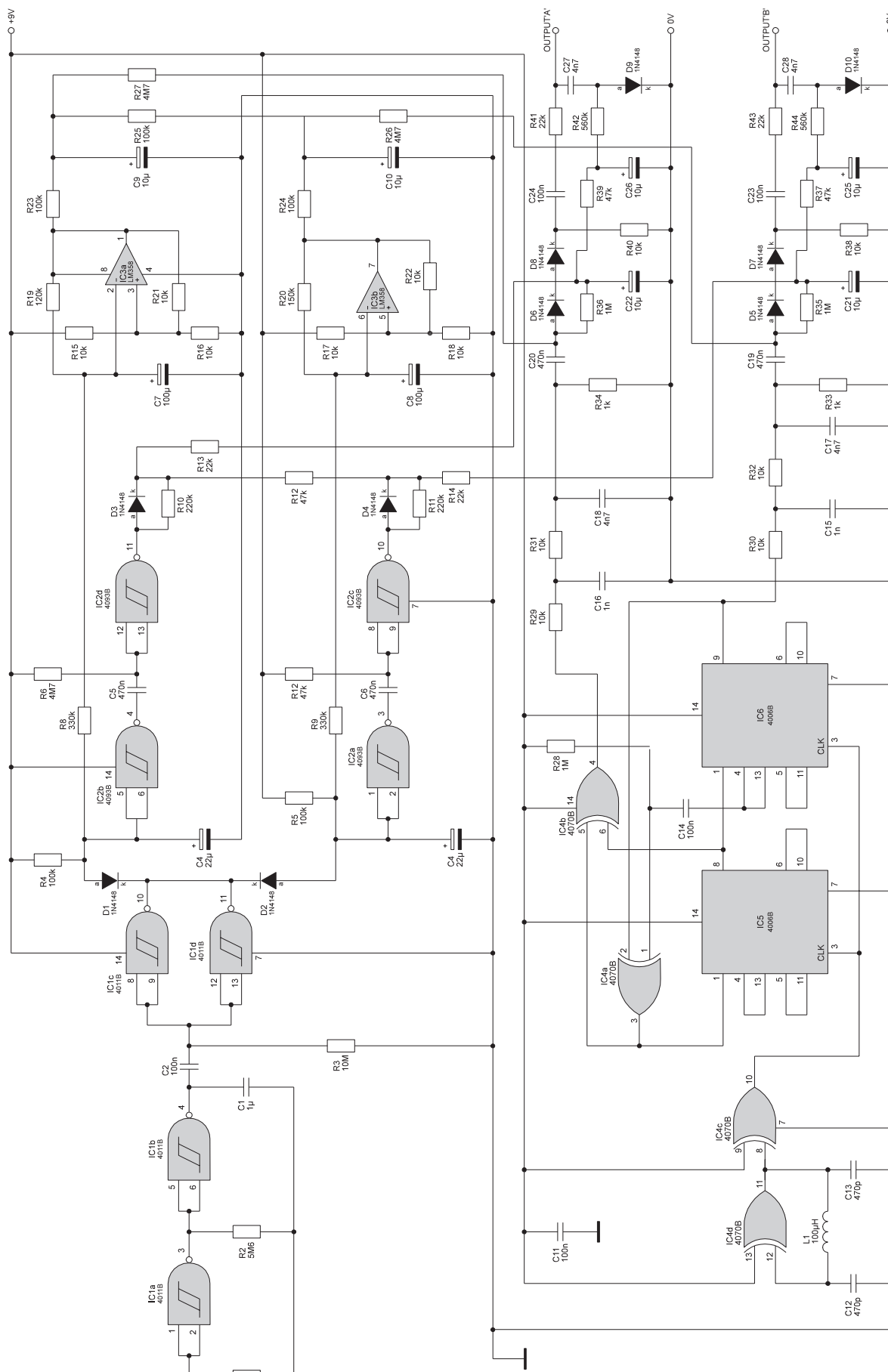
Sygnały sterowania amplitudą i tonem są generowane przez stopnie odwzorowane w górnej części rys. 3. Powstają one w generatorze zegarowym z bramek NAND IC1a i IC1b, o okresie około 12 sekund. Sygnał wyjściowy IC1b jest różniczkowany w obwodzie C2-R3, a jego dodatnia część, po odwróceniu przez I1c i IC1d, staje się ujemna na około 0,7 sekundy i rozładowuje kondensatory C3 i C4 przez diody D1 i D2.

W dolnym kanale kondensator C4 ładuje się przez rezystor R5, więc po około 1,5s wyjście IC2a przechodzi w stan niski. Na skutek tego na wyjściu IC2c pojawia się impuls około 1,5s, który przez diodę D4 i rezystor R14 ładuje kondensator C21.

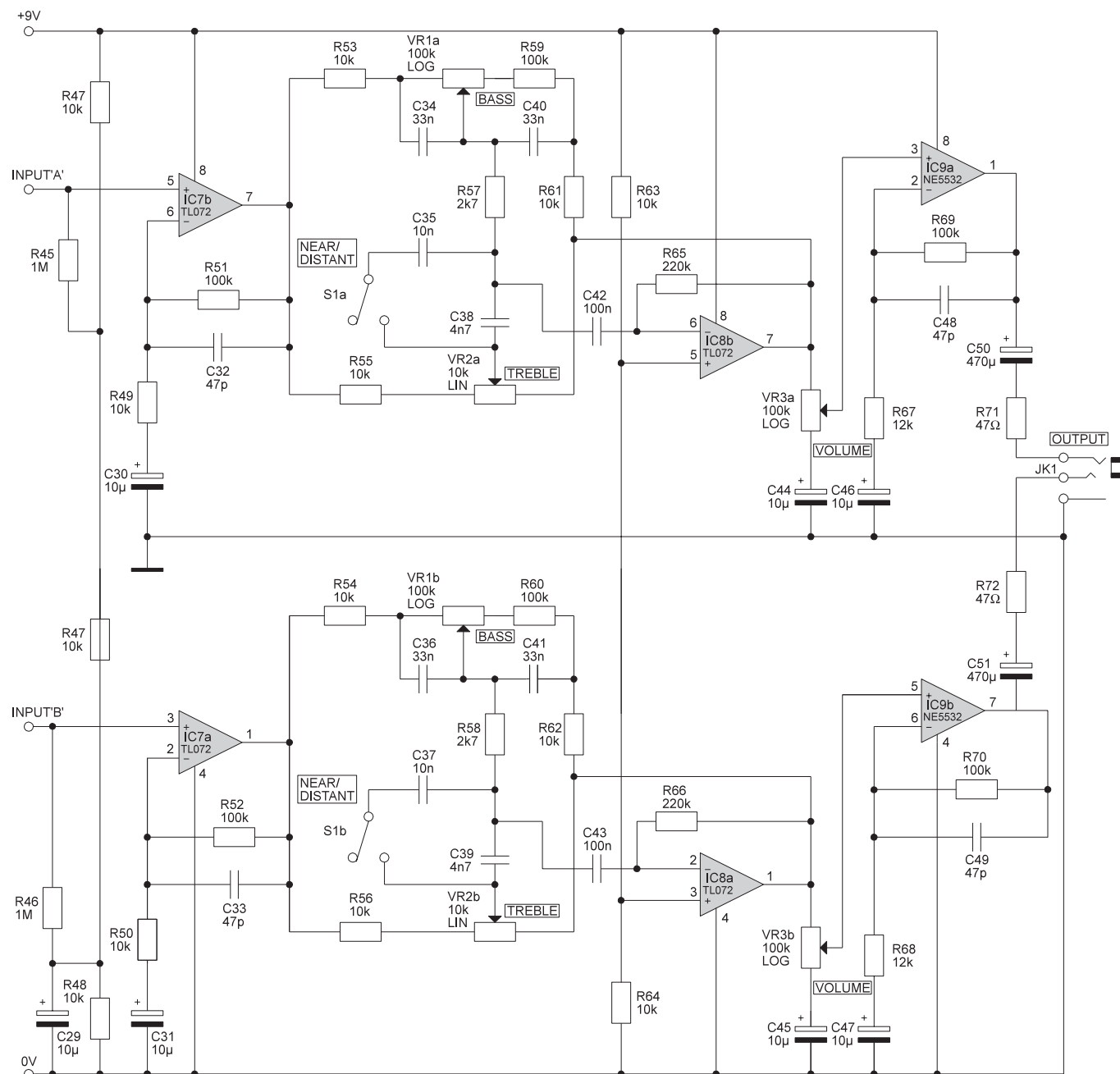
W miarę jak rośnie napięcie na C21, rośnie prąd płynący przez rezystor R35, rośnie więc amplituda sygnału. Napięcie na kondensatorze C25, ładowanym przez rezystor R37, także wzrasta, zwiększając prąd płynący przez R44, zatem pozorny ton sygnału wyjściowego zostaje obniżony.

Efekt ten jest nieco opóźniony w stosunku do amplitudy, więc „fala“ załamuje się w wysokim początkowo tonie, który szybko potem się obniża. Gdy wyjście IC2c powróci do początkowego stanu niskiego, oba kondensatory powoli rozładowują się przez R11, wydaje się więc że „fala“ powoli zamiera ze stopniowo wzrastającym tonem, tworząc efekt wtórnego „zmywania“.

Losowość wprowadza podwójny wzmacniacz operacyjny IC3. W dalszym ciągu omawiając tylko dolny kanał, IC3b jest skonfigurowany jako przerzutnik astabilny o okresie około 20 sekund. Przebieg wyjściowy na



Rys. 3. Schemat generatora zegarowego, stopnia sterowania tonem i generatora losowości układu fal Pacyfiku.



Rys. 4. Schemat stopnia regulacji barwy tonu i stopnia wyjściowego układu fal Pacyfiku.

kondensatorze C8 jest w przybliżeniu trójkątny, przerywający się pomiędzy 3V a 6V. Jest on przesyłany przez rezystor R9 na kondensator C4, wskutek czego czas pomiędzy sygnałem zegarowym a startem „fali“ jest nieco zmieniany. Równocześnie sygnał fali prostokątnej z wyjścia 7 IC3b jest wygładzany przez obwód R24-C10 i użyty do wywoływania małych zmian amplitudy i tonu w kanale za pośrednictwem rezystora R26.

W drugim kanale także znajduje się układ wprowadzający

losowość IC3a, ale w nim oporność rezystora R19 jest mniejsza niż rezystora R20, i nadaje przerywnikowi nieco wyższą częstotliwość. Dwa te przerywniki nadają wskutek tego niewielkie różnice czasom startu, amplitudom i tonom dźwięku każdego z kanałów. Celem dalszego zwiększenia realizmu stworzono pewien przesłuch pomiędzy sygnałami sterującymi przez rezystory R12 i R25.

Reszta układu fal Pacyfiku, jak regulacja barwy tonu, wzmacniacze wyjściowe i zasi-

łącz jest pokazana na rys. 4 i 5. W dolnym kanale sygnał jest buforowany i wzmacniany przez IC7a, przechodzi przez stopień sterowania barwą tonu z potencjometrem VR1b dla niskich tonów i VR2b dla wysokich.

Sprężenia zwrotnego w tej części układu dostarcza IC8a, buforujący równocześnie wyjście do regulatora głośności VR3b. Regulacja barwy zapewnia tylko uwydatnianie tonów niskich i obcinanie tonów wysokich, a przy obu pokrętkach w pozycji

minimalnej charakterystyka układu jest całkowicie płaska.

Próby dowiodły, że regulator tonów niskich VR1 powinien być logarytmiczny z uwydatnieniem od strony maksimum. W tym przypadku działa on odwrotnie, ale w praktyce wydaje się „dobry“, ponieważ „fale“ stają się „głębsze“, gdy oba pokręta są przekręcone w kierunku przeciwnym ruchowi wskazówek zegara.

Autor nie umiał zdecydować, czy kondensator C39 powinien być pojemności 4,7nF, czy 15nF. Obie pojemności miały swoje zalety, zdecydowano więc wmontować 4,7nF z przełącznikiem do przyłączania równoległe 10nF. Przełącznik otrzymał napisy „bliski“ i „daleki“, bo taki właśnie jest subiektywny efekt.

W stopniu wyjściowym użyto podwójnego wzmacniacza operacyjnego NE5532. Pobiera on nieco więcej prądu niż z 1458 w poprzedniej wersji, ale może dostarczyć więcej mocy dla słuchawek. Tak jak i 1458 jest praktycznie wolny od zniekształceń skrośnych. W stopniu tym zwiększono moc wyjściową do poziomu wymaganego przez liniowe wejścia audio. Prototyp wyposażono w gniazdko stereo 3,5mm. Można używać go ze słuchawkami stereo.

Układ jest zasilany przez zasilacz 9V, pokazany na rys. 5. Transformator sieciowy 12V-0V-12V z diodami D11 i D12 oraz kondensatorem wygładzającym C55 dostarcza niestabilizowanego napięcia i zasila LED D13, sygnalizującą działanie układu. Zastosowano w tym miejscu zieloną LED, jest to bowiem kolor oddziaływający uspokajająco.

Stabilizator 100mA LM317LZ, IC10 z dzielnikiem R73-R75, R74, dostarcza napięcia +9V.

Andy Flint, EwPE

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika „Everyday with Practical Electronics“.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

0,6W, 1%, metalizowane
R1, R3: 10MΩ
R2: 5,6MΩ
R4, R5, R23...R25, R51, R52, R59, R60, R69, R70: 100kΩ
R6, R7, R26, R27: 4,7MΩ
R8, R9: 330kΩ
R10, R11, R65, R66: 220kΩ
R12, R37, R39: 47kΩ
R13, R14, R41, R43: 22kΩ
R15...R18, R212, R22, R29...R32, R38, R40, R47...R50, R53...R56, R61...R64: 10kΩ
R19: 120kΩ
R20: 150kΩ
R28, R35, R36, R45, R46: 1MΩ
R33, R34: 1kΩ
R42, R44: 560kΩ
R57, R58: 2,7kΩ
R67, R68: 12kΩ
R71, R72: 47Ω
R73: 220Ω
R74: 1,5kΩ
R75: 15kΩ
R76: 1,2kΩ

VR1, VR3: 100kΩ, miniat. podwójny węglowy log. potencjometr obrotowy
VR2: 10kΩ, miniat. podwójny węglowy log. potencjometr obrotowy

Kondensatory

C1: 1μF, poliestrowy
C2, C11, C14, C23, C24, C42, C43, C53, C54: 100nF, ceramiczny
C3, C4: 22μF/25V, stojący
C5, C6, C19, C20: 470nF, ceramiczny
C7, C8, C52: 100μF/10V, stojący
C9, C10, C21, C22, C25, C26, C29...C31, C44...C47: 10μF/10V, stojący
C12, C13: 470pF, ceramiczny
C15, C16: 1nF, ceramiczny
C17, C18, C27, C28, C38, C39: 4,7nF

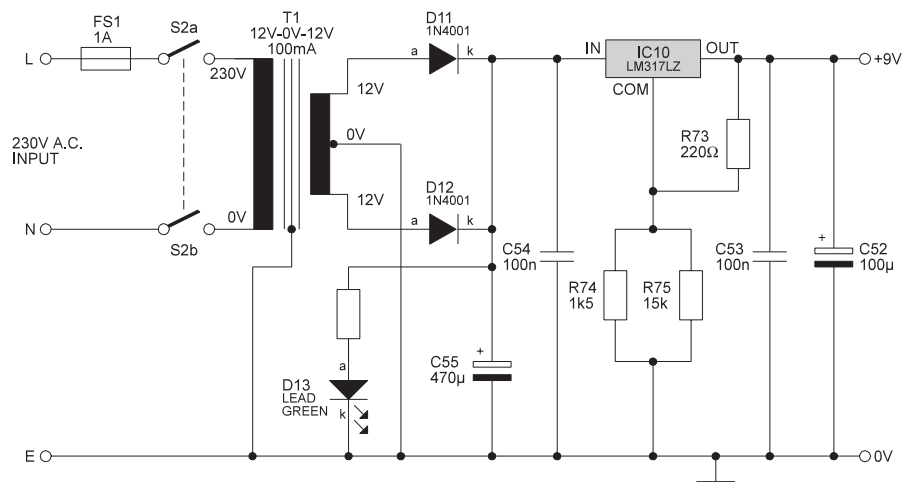
C32, C33, C48, C49: 47pF, ceramiczny
C35, C37: 10nF, ceramiczny
C50, C51: 470μF/16V, stojący
C55: 470μF/35V, stojący

Półprzewodniki

D1...D10: 1N4148, detekcyjna
D11, D12: 1N4001, 50V/1A, prostownicza
D13: zielona LED, φ5mm, 10mA
IC1: 4011B CMOS, 4 dwuwęściowe NAND
IC2: 4093B CMOS, 4 dwuwęściowe NAND Schmitta
IC3: LM358, 2 wzmacniacze operacyjne
IC4: 4070B CMOS, 4 XOR
IC5, IC6: 4006B CMOS, 18-bitowy rejestr przesuwany
IC7, IC8: TL072 2 niskosumowe wzmacniacze operacyjne
IC9: NE5532 2 niskosumowe wzmacniacze operacyjne
IC10: LM317LZ stabilizator nap. dodatniego 100mA

Różne

L1: 100μH dławik miniaturowy
T1: transformator sieciowy 12V-0V-12V/100mA
JK1: gniazdko stereo 3,5mm
S1: suwakowy wyłącznik dwuobwodowy
S2: submin. dwuobwodowy wyłącznik sieciowy (230V, 2A)
płytko drukowana kod 136
dwuczęściowa obudowa plastikowa 180mm x 120mm x 40mm
4 8-stykowe podstawki układów scalonych
5 14-stykowych podstawek układów scalonych
3 pokręta
oprawka LED
zgiętka gumowa
szpilkowe końcówki lutownicze wkręty z nakrętkami



Rys. 5. Schemat zasilacza układu fal Pacyfiku