

Dekoder dźwięku dookólnego SRS, część 1

Surround na dwóch głośnikach

AVT-5105



W reklamach można wyczytać, że efekt dźwięku dookólnego uzyskuje się wyłącznie poprzez zastosowanie $n \rightarrow \infty$ zestawów głośnikowych. My, mając silne oparcie w kilkuletnich doświadczeniach firmy SRS Labs, twierdzimy, że doskonały efekt dookólny można osiągnąć za pomocą dwóch zestawów głośnikowych zasilanych z klasycznego wzmacniacza stereofonicznego.

Rekomendacje: procesor wzbogacający brzmienie przez znaczne poszerzenie bazy odsłuchowej, który może współpracować z każdym domowym zestawem stereofonicznym audio.

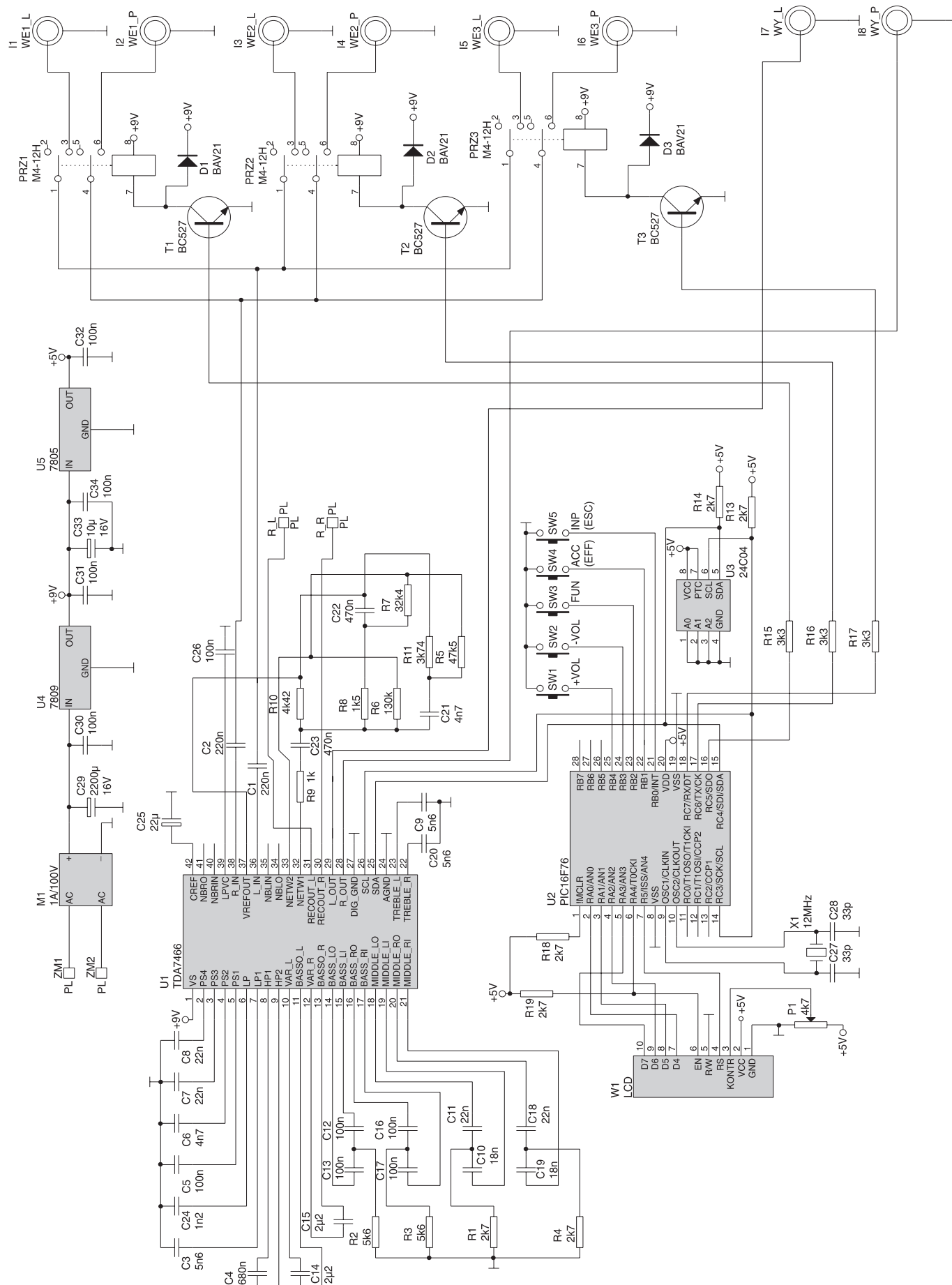
Czy można sobie wyobrazić, jak wyglądałby dzisiaj świat, gdyby nie wynalazek Edisona pozwalający na zarejestrowanie, a potem odtworzenie dźwięku? Pewnie niewielu Czytelników zdaje sobie sprawę, słuchając swoich (doskonałych technicznie) ulubionych nagrań, jak wiele się zmieniło od tamtego czasu. Mechaniczne urządzenie Edisona było ciągle udoskonalane tak, by osiągnąć jeden cel: jak najwierniej zapisać i odtworzyć dźwięk. Po osiągnięciu doskonałej - jak na lata 60. - jakości nagrań monofonicznych pojawił się system stereo poprawiający radykalnie jakość dźwięku odsłuchiwanego nagrań. Systemem stereofonicznego odtwarzania dźwięku umożliwiał bowiem mniej lub bardziej precyzyjną lokalizację w płaszczyźnie przed słuchaczem instrumentów, solistów czy aktorów. Nagrania stereo były znacznie bliższe ludzkiej percepcji dźwięku i z tego powodu ten system jest ciągle podstawowym stosowanym w technice nagrań audio, w audycjach radiowych FM i przesyłaniu dźwięku w przekazach telewizyjnych.

Mimo ogromnej popularności stereofonii, nie zaprzestano prac nad lepszymi sposobami odtwarzania dźwięku. Człowiek przecież rozpoznaje, czy źródło dźwięku jest

ulożone z przodu, z boku, czy z tyłu lub z góry - inaczej mówiąc, słyszy przestrzennie. Najwierniejsze odtwarzanie dźwięku to odtwarzanie przestrzenne. Dlatego powstały systemy pozwalające na takie odtwarzanie. Początkowo była to droga aparatura zaprojektowana na potrzeby przemysłu filmowego. Atrakcyjność odsłuchu przestrzennego skłoniła konstruktorów do opracowania coraz tańszych i prostszych w zastosowaniu urządzeń. Dzisiaj, jednym z najbardziej znanych jest system firmy Dolby. Jednak polityka licencyjna firmy praktycznie uniemożliwia zakup scalonych dekodów przez odbiorców, którzy nie uzyskali licencji. Zaważa to krąg odbiorców do największych firm mogących sobie pozwolić na zakupienie licencji. W proponowanym w artykule dekodzie został zastosowany scalony procesor odtwarzania dźwięku przestrzennego systemu SRS.

Co to jest SRS?

System dwukanałowego dźwięku przestrzennego SRS powstał w laboratoriach firmy SRS Labs, Inc. SRS, czyli *Sound Retrieval System*, tworzy przestrzenne brzmienie z dowolnego źródła dźwięku za pomocą standardowego wzmacniacza współpracującego



Rys. 1. Schemat elektryczny procesora SRS

z dwoma zestawami głośnikowymi. Niezależnie od tego, czy sygnał jest monofoniczny, stereofoniczny, czy zakodowany jako dookólny (*surround sound*), system SRS rozszerza przestrzeń akustyczną materiału audio, wywołując wrażenie realnego dźwięku przestrzennego.

SRS został stworzony przez Arnolda Klaymana po latach badań nad fizjologicznymi właściwościami odbierania wrażeń słuchowych przez ludzkie ucho. Wykorzystanie wyników tych badań umożliwiło opracowanie unikalnej metody odzyskiwania przestrzeni w nagraniach i odtwarzania trójwymiarowego pola brzmieniowego.

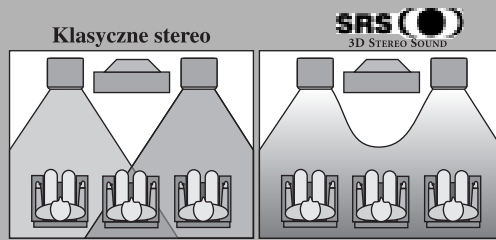
W tradycyjnym systemie stereo dość krytyczne jest ustawienie głośników i pozycja słuchacza względem nich. Przesunięcie się poza obszar bazy stereofonicznej powoduje utratę lub znaczne pogorszenie jakości odsłuchu stereofonicznego. W systemie SRS pozycja słuchacza nie jest krytyczna i może się on poruszać po pomieszczeniu bez utraty wrażenia odsłuchu przestrzennego.

System SRS nie wymaga specjalnego kodowania i dekodowania sygnału, nie polega także na sztucznym wytwarzaniu opóźnień i manipulowaniu fazą oryginalnego sygnału dźwiękowego. Jak to już zostało powiedziane, SRS bazuje na charakterystycznym dla ludzkiego ucha odbieraniu wrażeń słuchowych. Kiedy fala dźwiękowa przychodzi z przodu głowy słuchacza, to małżowina odbija wiele składowych częstotliwościowych z daleka od kanału usznego. Dźwięk pochodzący z boku nie jest odbijany przez małżowinę tak jak dźwięk pochodzący z przodu głowy. Wszystkie informacje odbierane przez ucho są przesyłane do mózgu i tam interpretowane. Sygnał przestrzenny wytworzony przez małżowinę i przesyłany do mózgu jest nazywany HRTF (*Head - Related Transfer Function.*) Ponieważ zależny od poziomu i kierunku dźwięku sygnał HRTF faliuje wokół małżowiny, to sygnał akustyczny w kanale usznym ciągle się zmienia. Ciągły napływ informacji przesyłany

z ucha do mózgu pozwala na określenie kierunku i rodzaju dźwięku.

Nagrania wykonane za pomocą mikrofonów nie mogą zarejestrować kierunku pochodzenia dźwięku tak, jak robi to ludzkie ucho. Jednak nawet w tak zarejestrowanych nagraniach sygnał reprezentujący przestrzeń jest obecny, ale jest niwelowany przez tradycyjne systemy reprodukcji dźwięku. Oryginalna przestrzenność i dynamika nagrań zostaje w nich zafałszowana lub zupełnie zatarta. SRS analizuje stale zmieniającą się funkcję HRTF w układzie ludzkiego systemu słyszenia i odtwarza właściwe składowe częstotliwościowe oraz proporcje bezpośrednich i odbitych fal dźwiękowych. Przez rozdzielenie sygnału stereo na różne składowe jest możliwe wyizolowanie i odtworzenie informacji o przestrzenności dźwięku. SRS oddziela te informacje i odpowiednio przetwa-

Zastosowanie procesora SRS w klasycznym stereofonicznym torze audio powoduje rozszerzenie bazy stereofonicznej poza ściśle określony obszar ułożony między głośnikami reprodukującymi sygnały kanału lewego i prawego. Zastosowany sposób obróbki dźwięku pozwala wytworzyć przestrzeń akustyczną o właściwościach zbliżonych do klasycznych rozwiązań surround, ale bez konieczności stosowania dużej liczby zestawów głośnikowych.



rza za pomocą opatentowanej metody polegającej na korekcji odpowiedzi częstotliwościowej za pomocą specyficznej krzywej.

Procesor SRS

Pomysł firmy SRS Labs okazał się na tyle atrakcyjny, że wielu producentów scalonych układów audio uruchomiło produkcję scalonych procesorów systemu SRS. W opisywanym projekcie kompletnego procesora SRS ze sterownikiem został wykorzystany układ TDA7466 firmy STMicroelectronics. Schemat procesora SRS wy-

Tab. 1. Podstawowe parametry i właściwości procesora SRS:

Procesor charakteryzuje się:
✗ Trzema przełączanymi wejściami stereo.
✗ Niezależnym dla każdego wejścia programowanym tłumieniem poziomu sygnału wejściowego.
✗ Regulacją wzmacnienia z możliwością ustawienia balansu.
✗ Regulacją barwy (tonów niskich, średnich i wysokich).
✗ Dźwiękiem przestrzennym SRS.
✗ Dźwiękiem surround.
✗ Funkcją Voice Cancellor (karaoke).
✗ Możliwością zaprogramowania przez użytkownika czterech banków ustawień efektu. Wszystkie ustawienia zapisywane w nieulotnej pamięci EEPROM.
✗ Możliwością zaprogramowania wszystkich przewidzianych przez producenta ustawień układu TDA7466.
✗ Wszystkie informacje wyświetlane na wyświetlaczu alfanumerycznym 2x20 znaków.
✗ Ustawienia i regulacje są dokonywane za pomocą 5-przyciskowej klawiatury.

konanego z tym układem pokazano na rys. 1. Zastosowana w nim konfiguracja układu TDA7466 jest identyczna z proponowaną w nocie aplikacyjnej producenta. Sygnały kanału lewego i prawego z przełącznika wejść są podawane przez kondensatory C1 i C2 na wyprowadzenia 36 i 38 układu U1. Kondensatory C3...C8 są elementami zewnętrznymi układu *surround*. Zewnętrzne obwody układu SRS zbudowane są z rezystorów R5...R10 i kondensatorów C21...C23. Do wewnętrznych obwodów regulatorów tonów dołączone są kondensatory C9...C13 dla kanału lewego i C16...C20 dla kanału prawego oraz rezystory R1, R2 (kanał lewy) i R3, R4 (kanał prawy).

Sternownik procesora został zbudowany w oparciu o mikrokontroler PIC16F76 (U2). Jest to układ z dużą pamięcią programu typu Flash (8 kół 14-bitowych). Ma też stosunkowo dużą pamięć danych (368 bajtów). Zastosowanie mikrokontrolera z dużą pamięcią pozwoliło na umieszczenie w niej dość rozbudowanego programu sterującego procesorem. Zewnętrzne elementy oscylatora to kondensatory C27 i C28 oraz rezonator X1. Ma on dość małą częstotliwość rezonansową wynoszącą ok. 2 MHz. Ponieważ oprogramowanie

nie narzuca jakichś szczególnych wymagań dotyczących prędkości mikrokontrolera, to mała częstotliwość taktowania spowodowała zmniejszenie poboru prądu i minimalizowanie ewentualnych zakłóceń wnoszonych przez sterownik do części analogowej procesora. Możliwość ewentualnego przeniesienia zakłóceń cyfrowych do części analogowej procesora została uwzględniona przez producenta TDA7466. Masa analogowa została oddzielona od masy cyfrowej interfejsu sterującego magistrali I²C. Obie te masy powinny być połączone w jednym punkcie możliwie blisko źródła zasilania.

Do linii portu PORTA został dołączony przez magistralę 4-bitową wyświetlacz alfanumeryczny o organizacji 2x20 znaków. Styki klawiatury sterującej dołączone są bezpośrednio do wyprowadzeń RB0...RB4 (skonfigurowanych jako linie wejściowe) portu PORTB. Przyciśnięcie klawisza powoduje wymuszenie na linii poziomu niskiego. Linie PORTB mają włączone wewnętrzne podciąganie do plusa zasilania (wymuszenie poziomu wysokiego na niepodłączonej linii wejściowej). Linia SDA magistrali I²C podłączona jest do wyprowadzenia RC4/SDI/SDA, a linia SCL do wyprowadzenia RC3/SCK/SCL. Rezystory R13 i R14 realizują wymagane przez specyfikację magistrali podciąganie linii SDA i SCL do plusa zasilania. Wyprowadzenia RC5...RC7 portu PORTC sterują przełącznikiem sygnału wejściowego. Do magistrali I²C dołączona jest, oprócz U1, pamięć EEPROM 24C04 (U3). W tej pamięci przechowywane są

wszystkie ustawienia i regulacje procesora.

Przełącznik wejść umożliwia dołączenie do TDA7466 trzech różnych źródeł sygnału akustycznego. Pojawienie się poziomu wysokiego na wyprowadzeniu RC5 powoduje, że tranzystor T1 wchodzi w nasycenie i wysterowuje cewkę przekaźnika Prz1. Rezystor R15 ogranicza prąd bazy tranzystora. Sygnał akustyczny z wejść We1_L i We1_P jest podawany przez zwarte styki przekaźnika na wejście sygnału U1. Analogicznie zostają przełączone sygnały z wejść 2 i 3. Program sterownika ustawia takie stany na liniach RC5...RC7, że nie jest możliwe wysterowanie jednocześnie więcej niż jednego przekaźnika. Żeby uniknąć stuków w czasie przełączania wejść, jest programowo włączane maksymalne tłumienie wejścia U1.

Układ zasilania dostarcza stabilizowanego napięcia +9V do zasilania U1 i przekaźników przełącznika wejść oraz +5V do zasilania sterownika z wyświetlaczem i pamięcią EEPROM. Napięcie stałe lub przemienne o wartości ok. 14V podawane jest na mostek prostowniczy M1. Kondensator C29 filtruje tętnienia w przypadku zasilania prądem przemiennym. Stabilizator 7809 (U4) dostarcza stabilizowanego napięcia +9V, a stabilizator 7805 napięcia +5V.

Tomasz Jabłoński, AVT
tomasz.jablonski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/marzec03.htm> oraz na płycie CD-EP3/2003B w katalogu PCB.

WYKAZ ELEMENTÓW

Płytki główna

Rezystory

R1, R4, R12...R14, R18: 2,7kΩ
 R2, R3: 5,6kΩ
 R5: 47,5kΩ
 R6: 130kΩ
 R7: 32,4kΩ
 R8: 1,5kΩ
 R9: 1kΩ
 R10: 4,42kΩ
 R11: 3,74kΩ
 R15...R17: 3,3kΩ

Kondensatory

C1, C2: 220nF
 C3, C9, C20: 5,6nF
 C4: 680nF
 C5, C12, C13, C16, C17, C26, C30...C32, C34: 100nF
 C6, C21: 4,7nF
 C7, C8, C11, C18: 22nF
 C10, C19: 18nF
 C14, C15: 2,2μF
 C22, C23: 470nF
 C24: 1,2nF
 C25: 22μF
 C27, C28: 33pF
 C29: 2200μF /16V
 C33: 10μF/16V

Półprzewodniki

D1...D3: BAV21 (1N4148)
 M1: 1A/100V
 T1...T3: BC237
 U1: TDA7466
 U2: PIC16F76 zaprogramowany
 U3: 24C04
 U5: 7805
 U6: 7809

Różne

Rezonator kwarcowy 2MHz
 Przekaźniki Prz1...Prz3 MEISEL M4-12H (ZETTLER AZ822-2C-12DSE)
 Złącza do druku cinch 8 szt.

Płytki drukowana wyświetlacza

W1: wyświetlacz alfanumeryczny 2x20znaków
 SW1...SW5: mikroprzyciski