

Wzmacniacz audio z wejściem cyfrowym, część 1

AVT-5026

Po wielu próbach osiągnęliśmy od dawna pożądaną cel: opracowaliśmy konstrukcję taniego w wykonaniu wzmacniacza audio z wejściem cyfrowym, wyposażony w przetwornik C/A o rozdzielczości 24 bitów.

Pomimo zastosowania w prezentowanym urządzeniu wyrafinowanej techniki, jego budowa jest dość prosta, a uzyskane parametry na więcej niż przyzwoitym poziomie.

W tej części artykułu omówimy najbardziej interesujące podzespoły zastosowane w projekcie.

Podczas przygotowywania prezentowanego w artykule projektu najważniejszy okazał się prawidłowy wybór układów, które będą w nim stosowane. Nie chodziło tylko o parametry techniczne układów - ciężko jest znaleźć w ofercie liczących się producentów jakieś istotne niedopracowania - lecz o możliwość szybkiego zakupu dużej ich liczby. Niestety, większość producentów narzuca sieciom dystrybucyjnym na tyle trudne warunki sprzedaży, że często reakcja na zamówienia takiej firmy jak AVT (o wcale pokaznym potencjale zakupowym) nie jest możliwa do zaakceptowania. Tłumaczę się ze swoich wyborów na samym wstępie, ponieważ trudno z technicznego punktu widzenia wykazać, że przygotowana przeze mnie konstrukcja jest w optymalna. Kierowałem się przede wszystkim chęcią ułatwienia zdobycia zastosowanych w projekcie elementów zarówno potencjalnym wykonawcom, jak i Działowi Zaopatrzenia AVT.

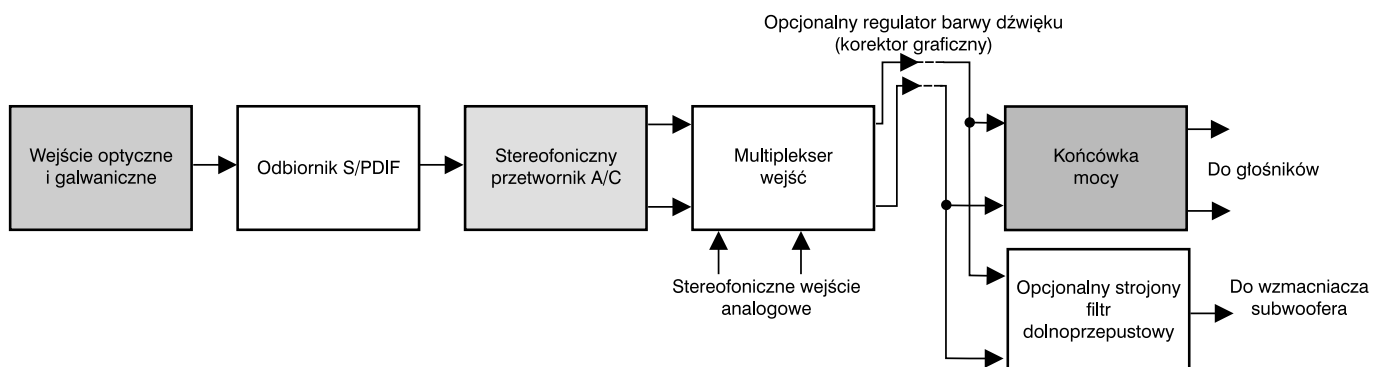
Tyle tytułem wstępu, którego rolą nie miało być zniechęcenie Was, a wprost przeciwnie! Zrobi-

liśmy wszystko, aby ułatwić wykonanie prezentowanego urządzenia.

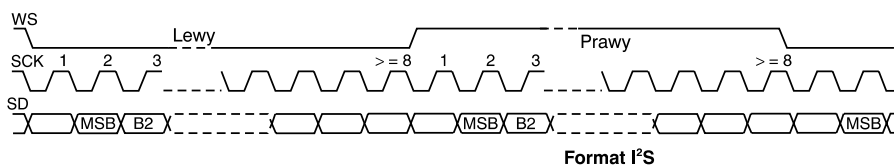
Koncepcja

Zadania postawione przed wzmacniaczem były następujące:

- Cena zestawu miała być bliska możliwościom większości potencjalnych wykonawców.
- Miał być wyposażony w wejścia cyfrowe S/PDIF ze stykiem optycznym i galwanicznym.
- Z myślą o purystach audiofilskich wzmacniacz został pozbawiony regulatorów barwy dźwięku i balansu, jedynym regulatorem jest (cyfrowo programowany!) potencjometr stereofoniczny. Jego zastosowanie zapewnia wysoką trwałość i stabilną jakość regulacji.
- W celu umożliwienia odsłuchu muzyki ze standardowych odtwarzaczy analogowych wzmacniacz wyposażono w analogowy multiplekser stereofoniczny, za pomocą którego można przełączać sygnały z wejść analogowych i cyfrowych.
- „Smaczku“ konstrukcji dodaje zastosowany we wzmacniaczu strojony filtr dolnoprzepustowy



Rys. 1. Schemat blokowy wzmacniacza.



Rys. 2. Przebiegi charakteryzujące pracę interfejsu I2S.

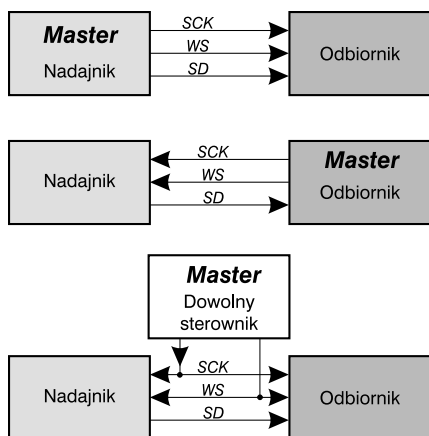
o niezwykle prostej budowie - składa się on bowiem z jednego układu scalonego!

Zastosowana w prezentowanym wzmacniaczu końcówka mocy jest kopią końcówki mocy zastosowanej w projekcie amplitunera FM (EP5 i 6/2001). Zastosowanie tego wzmacniacza jest wynikiem jego bardzo prostej budowy, łatwego montażu i dobrych parametrów akustycznych przy stosunkowo dużej mocy wyjściowej. Niebagatelną zaletą układu zastosowanego we wzmacniaczu jest także rozbudowany system zabezpieczeń antyprzeciążeniowych, dzięki któremu nieumyślne uszkodzenie prawidłowo zasilanego wzmacniacza nie jest praktycznie możliwe.

Na rys. 1 pokazano uproszczony schemat blokowy wzmacniacza.

Cyfrowy dźwięk? To nie takie trudne!

Najpoważniejszym atutem prezentowanej konstrukcji jest cyfrowe wejście, dzięki któremu jest możliwe odtwarzanie sygnałów bezpośrednio ze źródeł cyfrowych, jak np. komputerowe lub stacjonarne odtwarzacze CD/DVD, Min-Dysku lub dowolnych innych urządzeń audio coraz szczerzej



Rys. 3. Typowe konfiguracje systemów z interfejsem I2S.

wyposażanych przez producentów w optyczne lub koaksjalne wyjścia cyfrowe.

Sygnal podawany na wejście jest wzmacniany, formowany i dekodowany w specjalizowanym układzie odbiorczym CS8412 firmy Crystal, na którego wyjściu szeregowym występuje w ustandaryzowanej postaci I2S (od ang. Inter-IC Sound). Na rys. 2 pokazano standardową ramkę danych (jedna próbka dźwięku w postaci cyfrowej) przesyłanych za pomocą tego 3-liniowego interfejsu, w skład którego wchodzi następujące linie sygnałowe:

- SCK (ang. Serial Clock) - sygnał zegarowy, wyznaczający prędkość transmisji danych, jednocześnie określający bitową prędkość transmisji. Sygnal SCK jest wytwarzany zawsze przez Mastera systemu,
- WS (ang. Word Select) - sygnał określający dla którego kanału dane są w danej chwili przesyłane (WS=0 - kanał lewy, WS=1 - kanał prawy). Sygnal WS wytwarzany jest zawsze przez Mastera systemu. Częstotliwość występowania tego sygnału określa częstotliwość dostarczania kompletnych próbek do kolejnego modułu w torze obróbki danych,
- SD (ang. Serial Data) - szeregowe dane przesyłane z nadajnika do odbiornika z prędkością wyznaczoną przez SCK. W szeregowym strumieniu danych są zmultipleksowane dane dla kanału lewego i prawego. Długość ramki danych nie jest sztywno określona i zależy od możliwości i wymagań systemu audio. Jedynemu ograniczeniu podlega minimalna długość próbki dla każdego kanału - nie może być krótsze niż 7 bitów.

Założenia standardu I2S narzucają konieczność stosowania w systemie obróbki danych audio jednego modułu, który będzie

Podstawowe parametry i właściwości wzmacniacza z wejściem cyfrowym:

- ✓ wejścia: optyczne i koaksjalne S/PDIF oraz standardowe wejście napięciowe (stereo),
- ✓ moc wyjściowa (wyjścia szerokopasmowe): 2x20W,
- ✓ liczba kanałów wyjściowych:
 - ✗ szerokopasmowe: 2,
 - ✗ z filtru dolnoprzepustowego: 1.
- ✓ zakres regulacji częstotliwości granicznej filtru dolnoprzepustowego: 50Hz..2kHz
- ✓ wbudowany regulator głośności,
- ✓ rozdzielczość wbudowanego przetwornika 16..24 bitów,
- ✓ wbudowane aktywne filtry dolnoprzepustowe w torach szerokopasmowych.

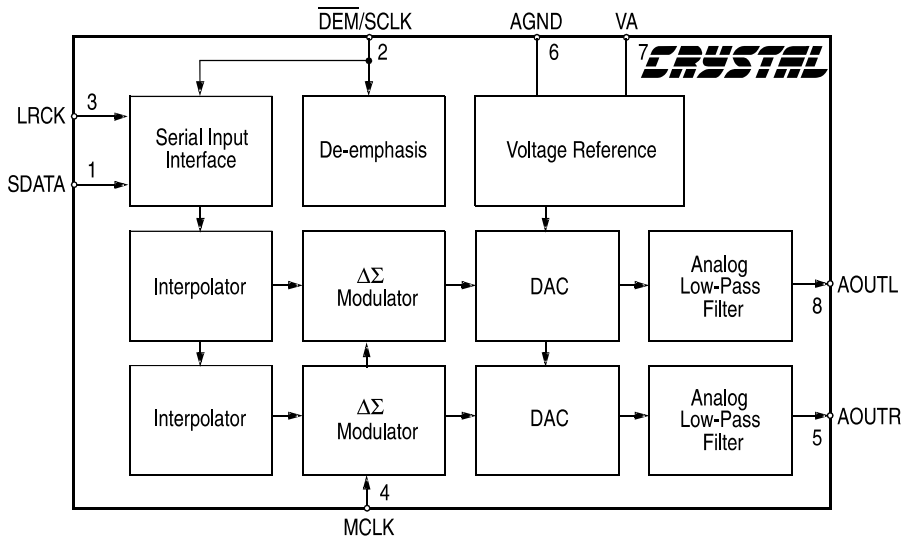
spełniał rolę Mastera. Odpowiada on za wyznaczenie tempa przesyłania danych i decyduje o przesłaniu określonej grupy bitów do jednego z dwóch kanałów przetwarzania danych. Możliwe są różne konfiguracje włączenia Mastera w system, co doskonale widać na rys. 3.

Częstotliwość zmian poziomu sygnału WS wynika z przyjętej częstotliwości taktowania przesyłania bitów f_{SCK} i długości słowa N i wynosi:

$$f_{WS} = f_{SCK} / N$$

Jak wcześniej wspomniano, długość ramki danych może być różna i zazwyczaj wynosi 16..24 bitów. Ponieważ producenci układów w bardzo szybkim tempie wprowadzają coraz to doskonalsze układy cyfrowej obróbki danych oraz coraz „gęstsze“ przetworniki, twórcy standardu I2S zaproponowali proste, a przy tym bardzo skuteczne rozwiązanie, zapewniające bezkonfliktową współpracę układów o różnej „długości“. Dzięki temu cyfrowy filtr obrabiający sygnały 24-bitowe może przygotowywać dane dla 16-bitowego przetwornika C/A i nie spowoduje to żadnych zakłóceń w odtwarzanym sygnale.

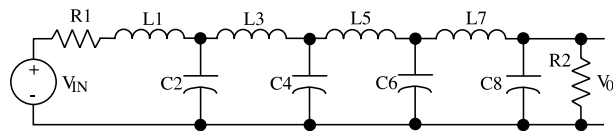
Jak to jest możliwe? W standardzie I2S dane są przesyłane w kolejności od MSB (najbardziej znaczący bit) do LSB (najmniej znaczący bit). Konstrukcja interfejsów w układach I2S jest taka, że wybierają one z przesyłanego słowa tylko taką liczbę bitów (począwszy od MSB), jaką są w stanie obsłużyć. W przypadku, gdy przesyłane jest więcej bitów niż jest w stanie układ odbiorczy odebrać nadmiarowe bity są po prostu ignorowane. Jeżeli przesyłanych



Rys. 4. Schemat blokowy układu CS4334.

bitów jest mniej, niż może obsłużyć układ odbiorczy, w miejsce najmłodszych bitów nieodebranych wstawiane są zera. Każdorazowa zmiana adresu kanału (sygnał WS) potwierdzana jest jednym taktiem zegarowym, podczas którego żadne dane nie są przesyłane.

Na rys. 2 przedstawiony został przebieg charakteryzujący kompletny transfer danych dla jednej próbki dźwięku w obydwu kanałach. Trzy kolejne przebiegi przedstawiają transfery danych równie często stosowane w układach przystosowanych do pracy w systemach cyfrowego audio, noszące nazwę *LSB Justified*. Nie są one zgodne ze standardem I2S, a to ze względu na odwróconą kolejność bitów danych w ramce, brak „pustego” impulsu zegarowego po zmianie adresu kanału danych i odwrotną polaryzację sygnału selekcji kanałów WS.

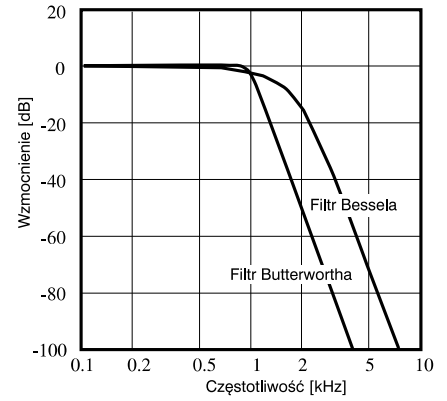


Rys. 5. Schemat dolnoprzepustowego filtra LC 8. rzędu.

Jak wcześniej wspomniano, sygnały I2S są generowane przez odbiornik CS8412, z którego wyjść jest sterowany przetwornik C/A, opracowany specjalnie do zastosowań audio. W projekcie zastosowano układ CS4334 firmy Crystal, który ma dwie istotne zalety: niezbyt wiele kosztuje i ma tylko 8 wyprowadzeń. W tak niewielkiej obudowie zintegrowano stereofoniczny przetwornik C/A z interfejsem I2S, obwody deemfazy i analogowe filtry dolnoprzepustowymi. Schemat blokowy układu CS4334 pokazano na rys. 4. Sygnał otrzymany po konwersji na wyjściach tego układu wymaga tylko prostej, jednostopniowej filtracji, którą można wykonać za pomocą standardowego układu całkującego.

Filtracja nie musi być trudna

Jak wcześniej wspomniano, wzmacniacz jest wyposażony we wbudowany filtr dolnoprzepustowy o regulowanej w szerokim zakresie częstotliwości odcięcia. Na rys. 5 pokazano klasyczną budowę filtra dolnoprzepustowego wykonanego



Rys. 6. Charakterystyki amplitudowe filtrów Bessela i Butterwortha.

z elementów LC. Wykonanie takiego filtra standardowymi metodami jest bardzo trudne, zwłaszcza jeżeli jest to filtr rzędu wyższego niż pierwszy. Jak wiadomo, im wyższy rząd filtru tym większa skuteczność jego filtracji, co ma duże znaczenie dla prawidłowego odsłuchu. W związku z wrodzoną niechęcią autora do wszelkiego rodzaju cewek i dławików, w projekcie został zastosowany układ MAX7480, w którego wnętrzu zintegrowano kompletny, strojony filtr dolnoprzepustowy ósmego rzędu o charakterystyce Butterwortha. Jego maksymalna częstotliwość graniczna wynosi 2kHz, a charakterystyka przeniesienia odniesiona do podobnego filtra o charakterystyce Bessela jest widoczna na rys. 6 (dla częstotliwości granicznej 1kHz). Strojenie filtra polega na zmianie częstotliwości impulsów prostokątnych dostarczanych do wejścia zegarowego układu MAX7480. Wszystkie te atrakcje Maxim „upakował” w obudowie z 8 wyprowadzeniami.

Czy może być łatwiej?

Piotr Zbysiński, AVT
piotr.zbysinski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/lipiec01.htm> oraz na płycie CD-EP07/2001B w katalogu PCB.

Wzmacniacz audio z wejściem cyfrowym, część 2

AVT-5026

W drugiej części artykułu przedstawiamy konstrukcję elektryczną wzmacniacza, której założenia przedstawiliśmy w poprzednim numerze. Do przeczytania artykułu szczególnie zachęcamy wszystkich miłośników sprzętu audio!

Konwerter C/A

Schemat elektryczny konwertera C/A zintegrowanego ze strojonym filtrem dolnoprzepustowym przedstawiono na **rys. 7**. Sygnał na wejście odbiornika sygnału S/PDIF można podać dwiema drogami:

- za pomocą standardowego kabla współosiowego na wejście galvaniczne GN1,
- za pomocą kabla światłowodowego do wejścia odbiornika US7, co wymaga zwarcia styków włącznika S1.

Układ US1 jest wyposażony w odbiornik różnicowy zgodny ze standardem RS422, dzięki czemu bez trudu radzi sobie z odbiorem sygnałów o niewielkich amplitudach. Niezależnie od źródła sygnał wejściowy trafia na wejście RXP (nieodwracające) odbiornika.

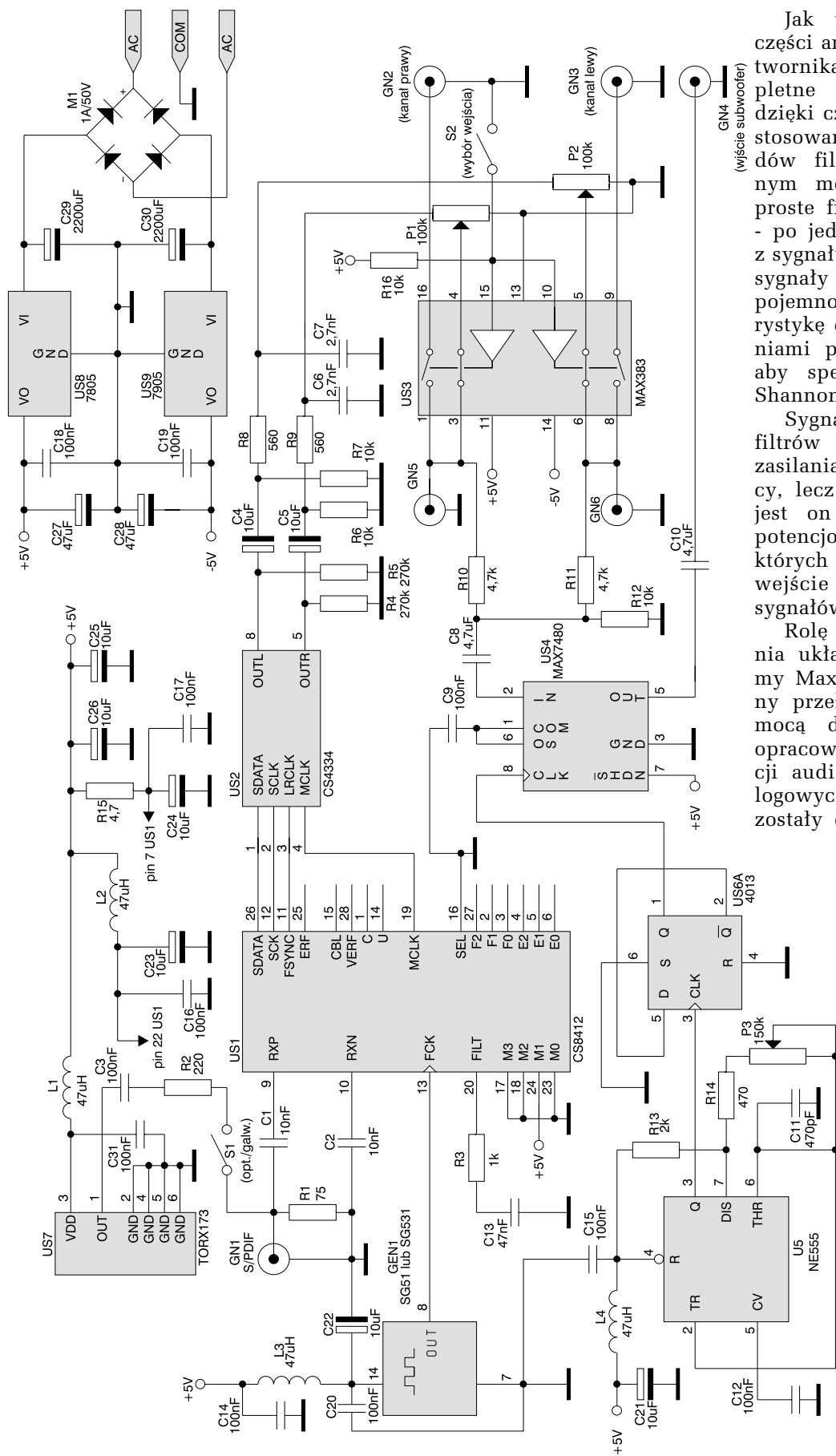
W układzie US7 zintegrowano kompletny odbiornik światła laserowego oraz układ wzmacniająco-formujący, dzięki czemu przesyłany torem optycznym sygnał cyfrowy pojawia się na wyjściu układu w postaci niewiele odkształcone od sygnału oryginalnego. Niestety w każdym sygnale cyfrowym występuje zjawisko jego „drżenia“ w czasie (ang. jitter), które może zniekształcić odtwarzany sygnał audio. Z tego powodu w kolejnym elemencie toru obróbki sygnału wejściowego - odbiorniku CS8412 - zintegrowano mechanizmy minimalizujące wpływ jittera na jakość sygnału wyjściowego. Na **rys. 8** pokazano charakterystykę ilustrującą stopień tłumienia jittera sygnału wejściowego przez układ CS8412, w zależności od częstotliwości charakterystycznej jittera.

Zadaniem układu US1 jest przede wszystkim zdekodowanie sygnału wejściowego i wygenero-

wanie na wyjściach SDATA, SCK i FSYNC ciągu danych zawierających kolejne próbki sygnału audio. Na **rys. 9** pokazano jego uproszczony schemat blokowy, doskonale ilustrujący realizowane przez ten układ funkcje.

Jak widać na schemacie blokowym, układ CS8412 jest wyposażony w rozbudowany system diagnostyki, który można wykorzystać m.in. do określenia częstotliwości próbkowania sygnału wejściowego i detekcji występujących w nim błędów. Ze względu na specyfikę projektu te możliwości układu nie zostały wykorzystane.

Spośród wielu możliwych konfiguracji układu CS8412 (w tym dekodowanie sygnałów zapisanych w formatach AES/EBU, IEC 958, S/PDIF oraz profesjonalnym EIAJ CP-340) w prezentowanym projekcie wybrano pracę zgodnie z zaleceniami S/PDIF i - na wyjściu - ramką I2S o długości do 24 bitów. Jest to jeden z najbardziej elastycznych trybów pracy, w znacznym stopniu niezależny od faktycznej długości ramki danych w kanale audio i faktycznej rozdzielczości przetwornika C/A. Do wejścia FCK US1 dołączono scalony generator kwarcowy o częstotliwości sygnału wyjściowego 6,144MHz, który stanowi wzorzec dla wszystkich układów czasowych zintegrowanych w US1 oraz dla pętli PLL, która synchronizując się z wyekstrahowanym z sygnału wejściowego przebiegiem zegarowym generuje na wyjściu MCLK jego 256-krotność. Sygnał MCLK jest niezbędny m.in. do taktowania elementów filtrów wyjściowych w przetworniku US2, stąd połączenie wyjścia MCLK US1 z wejściem MCLK US2.



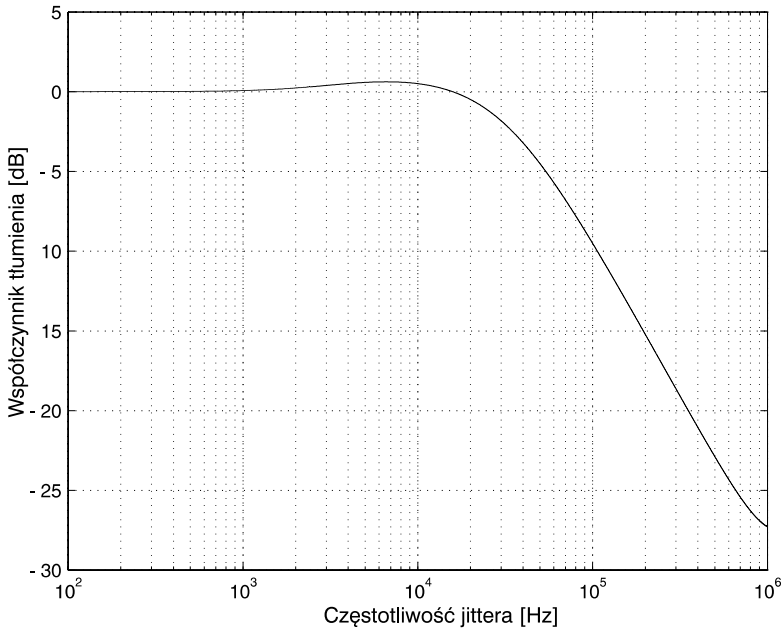
Rys. 7. Schemat elektryczny konwertera C/A zintegrowanego ze strojonym filtrem dolnoprzepustowym.

Jak wspomniano w pierwszej części artykułu, w strukturze przetwornika US2 zintegrowano kompletne filtry dolnoprzepustowe, dzięki czemu nie ma konieczności stosowania rozbudowanych obwodów filtrujących. W prezentowanym modelu zastosowano tylko proste filtry RC (R8, C7 i R9, C6 - po jednym na kanał) usuwające z sygnału wyjściowego resztkowe sygnały próbkowania w filtrach pojemnościowych. Ich charakterystykę dobrano, zgodnie z zaleceniami producenta, w taki sposób aby spełnione było twierdzenie Shannona o próbkowaniu.

Sygnal występujący na wyjściu filtrów doskonale nadaje się do zasilania wejść wzmacniacza mocy, lecz z przyczyn praktycznych jest on najpierw podawany na potencjometry P1 i P2 za pomocą których ustala się podawane na wejście wzmacniacza poziomy sygnałów z obydwu kanałów C/A.

Rolę przełącznika wejść spełnia układ półprzewodnikowy firmy Maxim US3. Jest to poczwórny przełącznik sterowany za pomocą dwóch wejść cyfrowych, opracowany specjalnie do aplikacji audio. Parametry kluczy analogowych zastosowanych w US3 zostały dobrane przez producenta w taki sposób, aby zminimalizować możliwość powstania zniekształceń wynikających z modulacji rezystancji klucza sygnałem wejściowym, przy jednoczesnym zachowaniu minimalnej rezystancji przejściowej kluczy.

Aktywną parę wejść wybiera się za pomocą przełącznika S2, a rezystor R16 polaryzuje wejścia sterujące układu US3. Wybrane sygnały audio pojawiają się na gniazdach wyjściowych GN5 i GN6, a ich suma (przez rezystory R10, R11 i R12) jest podawana na wejście cyfrowo strojonego filtra dolnoprzepustowego US4. Nieco więcej informacji na temat tego układu znajdują Czytelnicy w pierwszej części artykułu, te-



Rys. 8. Charakterystyka ilustrująca stopień tłumienia jittera sygnału wejściowego przez układ CS8412 w zależności od częstotliwości charakterystycznej jittera.

raz skupimy się na omówieniu jego aplikacji.

Suma sygnałów z obydwu kanałów jest podawana - po odseparowaniu składowej stałej za pomocą C8 - na wejście US4. Wewnętrzny blok układu odpowiadający za polaryzację wejścia zapewnia na nim napięcie stałe o wartości ok. 2,5V. Sygnał zegarowy o wypełnieniu 50% jest podawany na wejście CLK US1. Przyjęto, że częstotliwość graniczna filtra dolnoprzepustowego będzie można zmieniać w zakresie 50..500Hz, co wymaga częstotliwości taktującej na wejściu CLK zmieniającej się w przedziale 5kHz..500kHz. Przerzutnik US6A spełnia rolę symetryzatora przebiegu zegarowego generowanego przez multiwibrator US5, jednocześnie dzieli częstotliwość generowanego przez niego przebiegu przez 2. Tak więc wartości elementów R13, R14, P3 i C11 dob-

rano w taki sposób, aby częstotliwość przebiegu prostokątnego na wyjściu US5 mieściła się w przedziale 10kHz..1MHz. Odfiltrowany sygnał przeznaczony do sterowania wzmacniacza subwoofera podawany jest, po odseparowaniu za pomocą C10 składowej stałej, na gniazdo GN4. Sygnał ten można wykorzystać do bezpośrednio sterowania pracą wzmacniacza mocy, przy czym należy pamiętać, że wzmocnienie filtra w paśmie przenoszenia wynosi 1V/V.

Moduł konwertera jest zasilany symetrycznym napięciem ±5V, otrzymywanym dzięki zastosowaniu stabilizatorów US8 i US9. Napięcie jest prostowane w scalonym mostku Graetz'a M1, następnie filtrowane za pomocą kondensatorów elektrolitycznych o dużej pojemności C29 i C30.

Poszczególne gałęzie linii zasilających zostały od siebie odseparowane za pomocą dławików

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- P1, P2: 100kΩ
- P3: 150kΩ
- R1: 75Ω
- R2: 220Ω
- R3: 1kΩ
- R4, R5: 270kΩ
- R6, R7, R12, R16: 10kΩ
- R8, R9: 560Ω
- R10, R11: 4,7kΩ
- R13: 2kΩ
- R14: 470Ω
- R15: 4,7Ω

Kondensatory

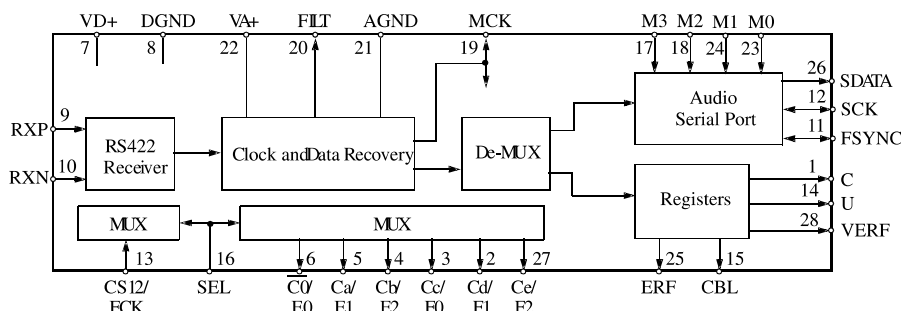
- C1, C2: 10nF
- C3, C9, C12, C14..C20, C31: 100nF
- C4, C5, C21..C26: 10μF/16V
- C6, C7: 2,7nF
- C8, C10: 4,7μF/16V
- C11: 470pF
- C13: 47nF
- C27, C28: 47μF/16V
- C29, C30: 2200μF/25V

Półprzewodniki

- M1: 1A/50V
- US1: CS8412
- US2: CS4334
- US3: MAX383
- US4: MAX7480
- US5: NE555
- US6: 4013
- US7: TORX173
- US8: 7805
- US9: 7905

Różne

- GEN1: SG51 lub SG531 o częstotliwości 6,144MHz
- GN1, GN2, GN3, GN4, GN5, GN6: gniazda chinch
- L1..L4: 47μH
- S1, S2: dowolne przełączniki bistabilne

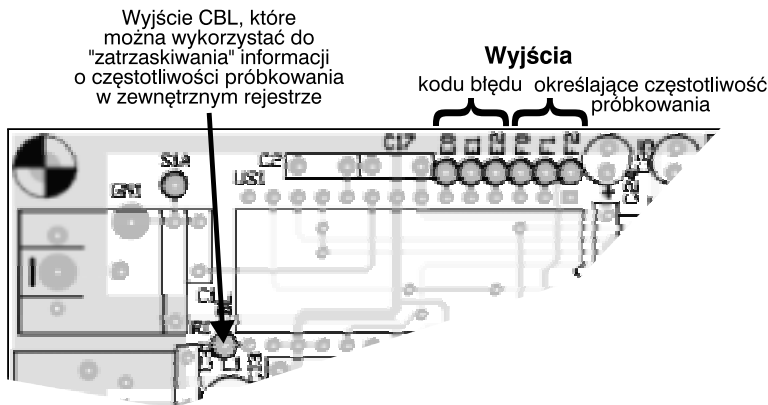


Rys. 9. Uproszczony schemat blokowy układu US1.

L1..L4 oraz rezystora R15. Dzięki tym elementom i kondensatorom dopełniającym konstrukcyjnie proste filtry, szkodliwy wzajemny wpływ poszczególnych bloków układu przez linię zasilającą został zminimalizowany.

Piotr Zbysiński, AVT
piotr.zbysinski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/sierpien01.htm> oraz na płycie CD-EP08/2001B w katalogu PCB.



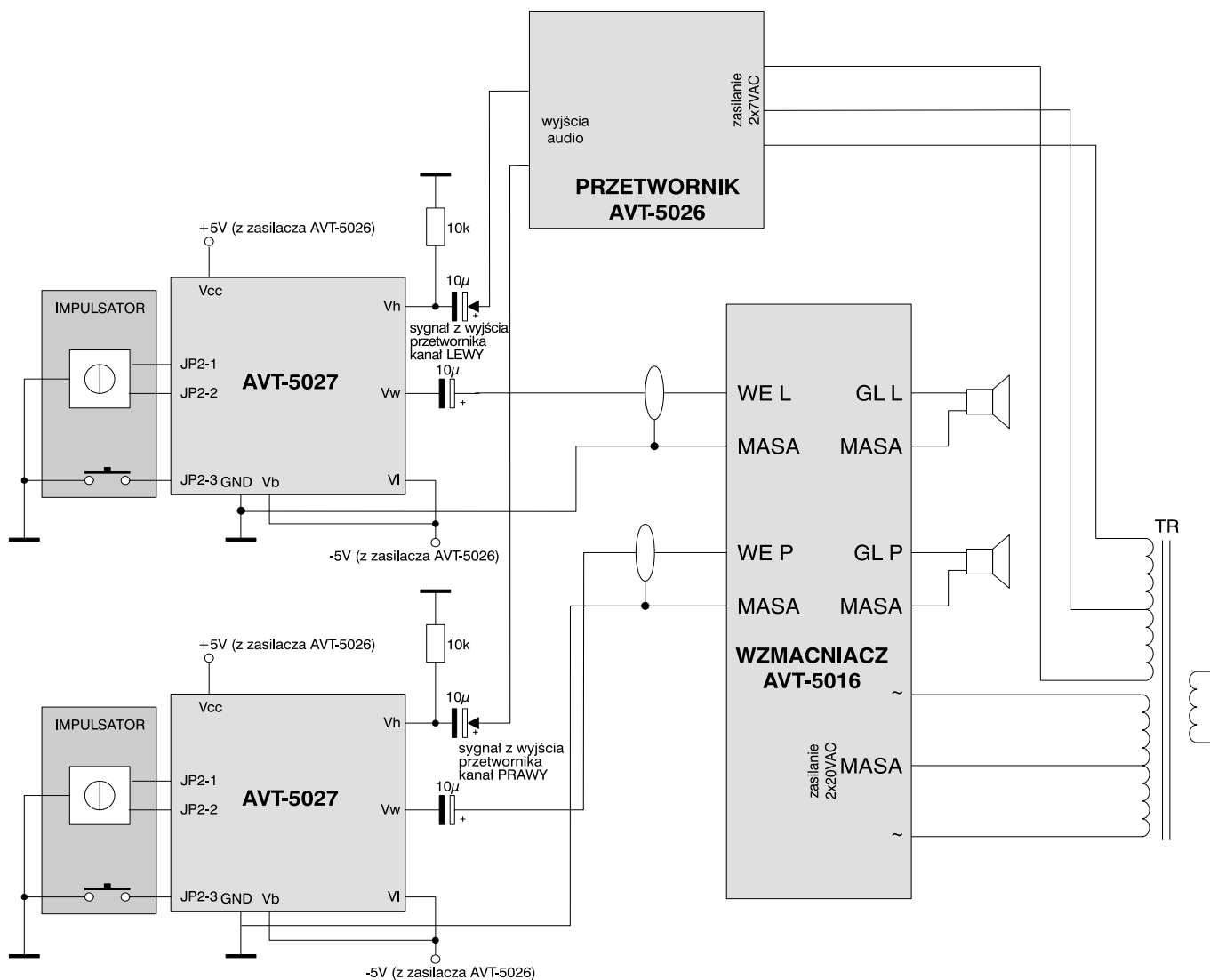
Rys. 11. Rozmieszczenie wyprowadzeń sygnałów dodatkowych na płytce drukowanej.

wość pewnego uproszczenia jego budowy. Autor projektu „z rozędu” zastosował generator taktujący GEN1, który dostarcza sygnał prostokątny o częstotliwości 6,144MHz do wejścia FCK odbiornika US1. Analiza projektu przeprowadzona przez naszego Czytel-

nika - Andrzeja Stelmacha - wykazała, że zastosowanie tego generatora ma sens tylko wtedy, kiedy wykorzystywany jest wbudowany w strukturę US1 komparator częstotliwości. Podczas standardowej pracy generator ten nie jest potrzebny, w związku z czym

bez żadnego szwanku dla jakości pracy układu można zrezygnować ze stosowania tego generatora. W takim przypadku można także nie montować dławika L3 oraz kondensatorów C20 i C22.

Drobna zmiana wprowadzona na płytkę drukowaną po zauważeniu rozbieżności zapewnia użytkownikowi dostęp do funkcji diagnostyczno-informacyjnych o sygnale wejściowym. Układ CS8412 wyposażono w dwa 3-bitowe wyjścia oznaczone jako E2..0 i F2..0, które służą do sygnalizacji - odpowiednio - błędów, jakie występują w sygnale wejściowym (opis w tab. 1) oraz częstotliwości próbkowania w sygnale wejściowym (opis w tab. 2). Sygnały na wyjściach E2..0 są zatrzaskiwane w wewnętrznym rejestrze, w związku z czym aktualizacja ich stanu wymaga wyzerowania za pomocą podania wysokiego stanu



Rys. 12. Schemat połączeń pomiędzy proponowanymi elementami zestawu.

Tab. 1. Kody błędów występujące na wyjściach E2..0 układu CS8412.

E2	E1	E0	Sygnalizuje...
0	0	0	brak błędu
0	0	1	-
0	1	0	-
0	1	1	"poślizg" próbki
1	0	0	-
1	0	1	błąd parzystości
1	1	0	błąd w kodzie bifazowym
1	1	1	brak synchronizacji

logicznego na wejście SEL (zrezygnowano z tego). Sygnały występujące na wyjściach F2..0 nie są wewnętrznie zatrzaskiwane, ale można to zrobić wykorzystując jako zegar sygnał CBL. Na **rys. 11** pokazano ułożenie dodatkowych sygnałów diagnostycznych na płycie drukowanej.

Budowa kompletnego wzmacniacza

Założeniem autora prezentowanego projektu było wykorzystanie w nim dwóch gotowych modułów z oferty AVT:

- elektronicznych potencjometrów AVT-5027 (opis w tym numerze EP na stronie 21), które spełniają rolę regulatorów głośności,
- końcówki mocy z tunera AVT-5016 (opis w EP 6 i 7/2001), wykonanego na układzie LM1876.

Jest oczywiście możliwe zastąpienie proponowanego zestawu modułów innym, w tym zastąpienie potencjometru elektronicznego standardowym potencjometrem węglowym lub polimerowym, a także zastąpienie proponowanej końcówki mocy inną zwłaszcza, że AVT-5016 nie ma trzeciego kanału wzmocnienia do zasilania subwoofera. Dobór elementów zależy od pomysłu, wymagań i oczywiście możliwości konstruktora.

Schemat połączeń pomiędzy modułami w proponowanej przez autora konfiguracji pokazano na **rys. 12**. Przy kompletowaniu zestawu AVT-5027 należy zwrócić szczególną uwagę na typ zastosowanego w zestawie układu - ze względu na

Tab. 2. Sposób wskazywania częstotliwości próbkowania na wyjściach występujące na wyjściach F2..0 układu CS8412.

F2	F1	F0	Częstotliwość próbkowania
0	0	0	poza zakresem
0	0	1	48kHz±4%
0	1	0	44,1kHz±4%
0	1	1	32kHz±4%
1	0	0	48kHz±400ppm
1	0	1	44,1kHz±400ppm
1	1	0	44,056kHz±400ppm
1	1	1	32kHz±400ppm

ograniczone do 100kHz pasmo przenoszenia w wersji DS1666-100 lepszym wyjściem jest zastosowanie układów w wersjach DS1666-50 lub -10.

Piotr Zbysiński, AVT
piotr.zbysinski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/wrzesien01.htm> oraz na płycie CD-EP09/2001B w katalogu PCB.