# 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 galwaniczne GN1,
- za pomocą kabla światłowodowego do wejścia odbiornika US7, co wymaga zwarcia styków włącznika S1.

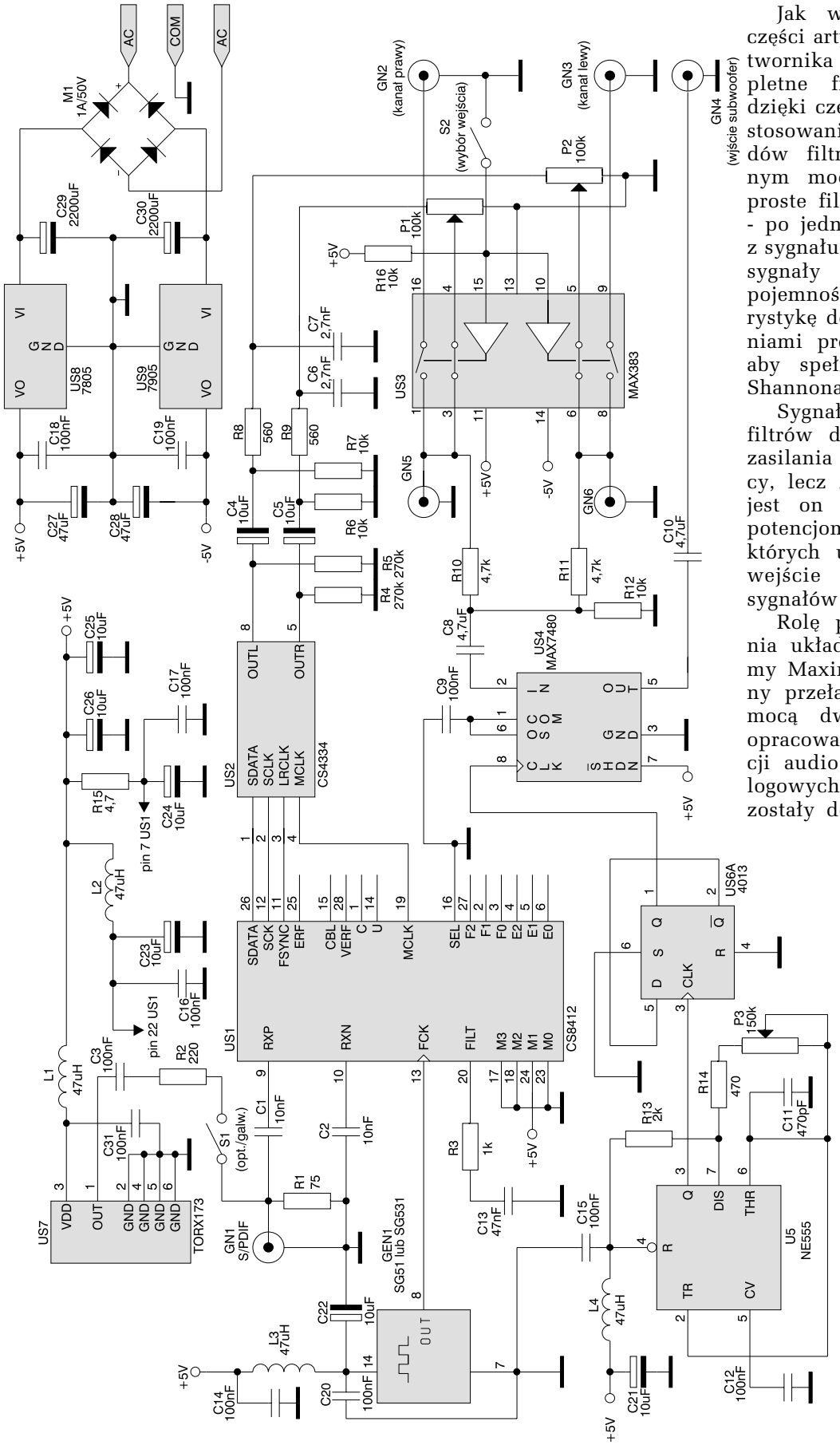
Układ US1 jest wyposażony w odbiornik różnicowy zgodny ze standardem RS422, dzięki czemu bez trudu radzi sobie z odbiorem sygnałów o niewielkich amplitudach. Niezależnie od źródła sygnał wejściowy trafia na wejście RXP (nieodwracające) odbiornika.

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 wygenerowanie 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.



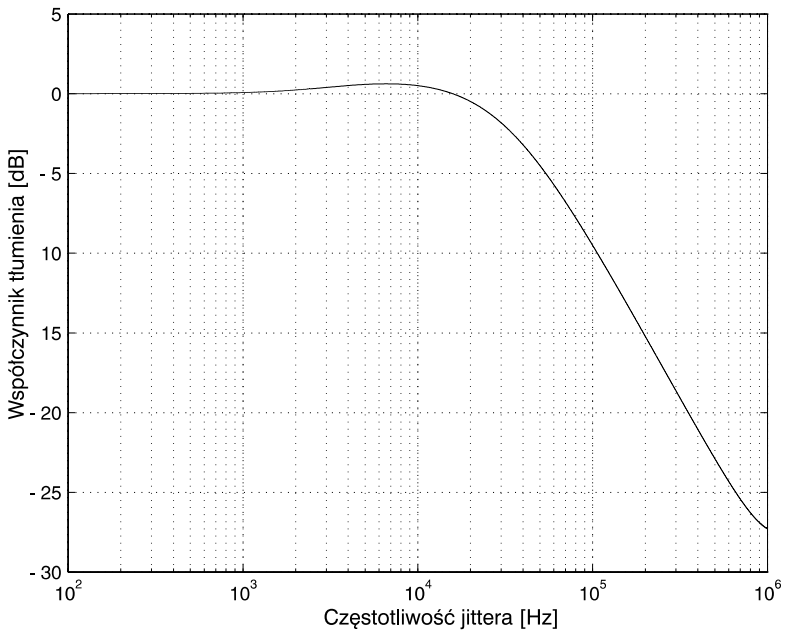

Rys. 7. Schemat elektryczny konwertera C/A zintegrowanego ze strojonym filtrem dolnoprzepustowym.

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.

Sygnał 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 znajdą Czytelnicy w pierwszej części artykułu, te-



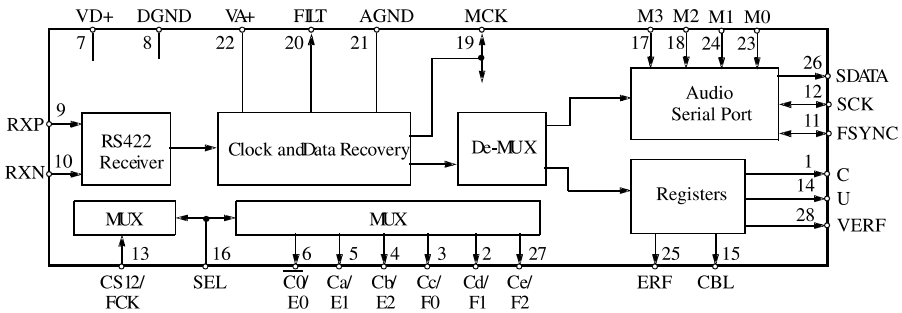

Rys. 8. Charakterystyka ilustrującą stopień tłumienia jittera sygnału wejściowego przez układ CS8412 w zależności od częstotliwości charakterystycznej jittera.

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 filtru 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 dobrano 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 bezpośredniego sterowania pracą wzmacniacza mocy, przy czym należy pamiętać, że wzmocnienie filtru 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 Graetzía M1, następnie filtrowane za pomocą kondensatorów elektrolitycznych o dużej pojemności C29 i C30.

Poszczególne gałęzie linii zasilających zostały od siebie odseparowane za pomocą dławików 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.




Rys. 9. Uproszczony schemat blokowy układu US1.

## 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

**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****.*