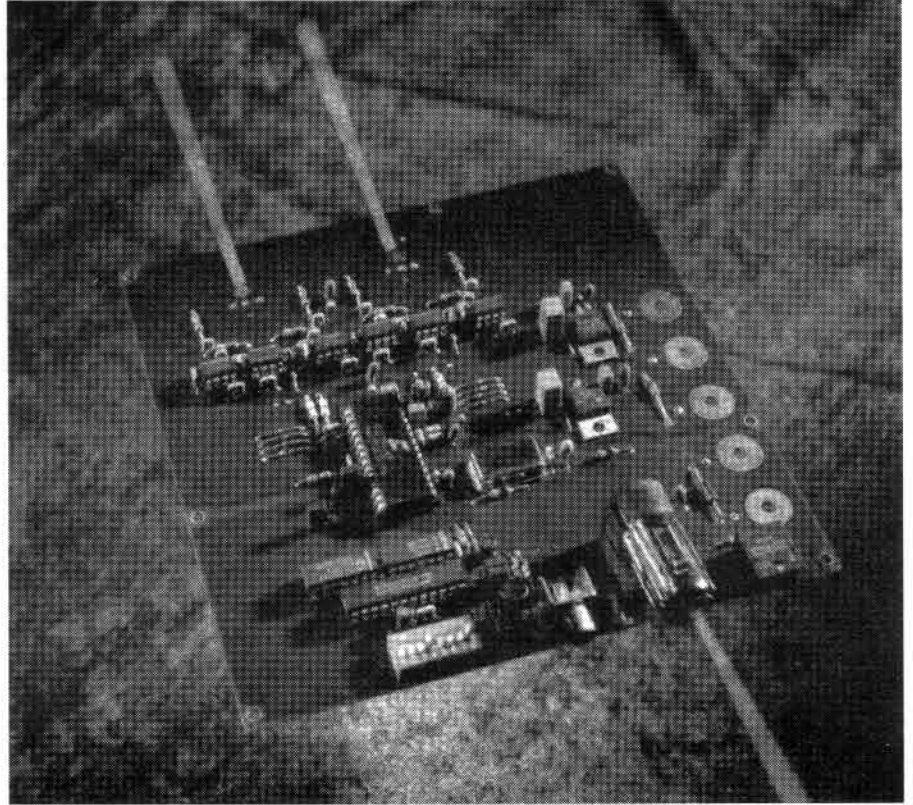


# 20-bitowy studyjny przetwornik A/C, część 1

*Do niedawna rozdzielczość przetwarzania przetworników analogowo-cyfrowych stosowanych w branży HiFi wynosiła maksymalnie 18 bitów. W zastosowaniach związanych z techniką pomiarową rozdzielczość 12 do 16 bitów uznano za szczyt potrzeb, uzasadnionych również rozsądnymi kosztami.*

*Rozwiązanie przedstawione w niemieckim piśmie ELRAD podnosi poprzeczkę o kilka kolejnych bitów.*



Do zastosowań tak profesjonalnych jak np. opisany w numerze 8/94 pisma ELRAD Harddisk-Recorder, albo podczas wymagających szczególnej dokładności pomiarów w zakresie audio, konieczny jest - co zapewne zostanie uznane za banał - przetwornik analogowo-cyfrowy o bardzo wysokich parametrach. Muszą one zagwarantować wypełnienie luki pomiędzy sygnałem analogowym, a cyfrowym wejściem komputera z interfacem S/PDIF lub AES/EBU.

Zaprezentowana karta została zaprojektowana do wykorzystania w profesjonalnych studiach, spełniając najwyższe wymagania w tym względzie. W porównaniu z magnetofonami DAT, w których (z jednym wyjątkiem) stosuje się stałą częstotliwość próbkowania - 48kHz, przedstawiony układ oferuje dowolne częstotliwości w zakresie od 32kHz do 48kHz.

Pragmatycy mogliby zastanawiać się nad sensem wprowadza-

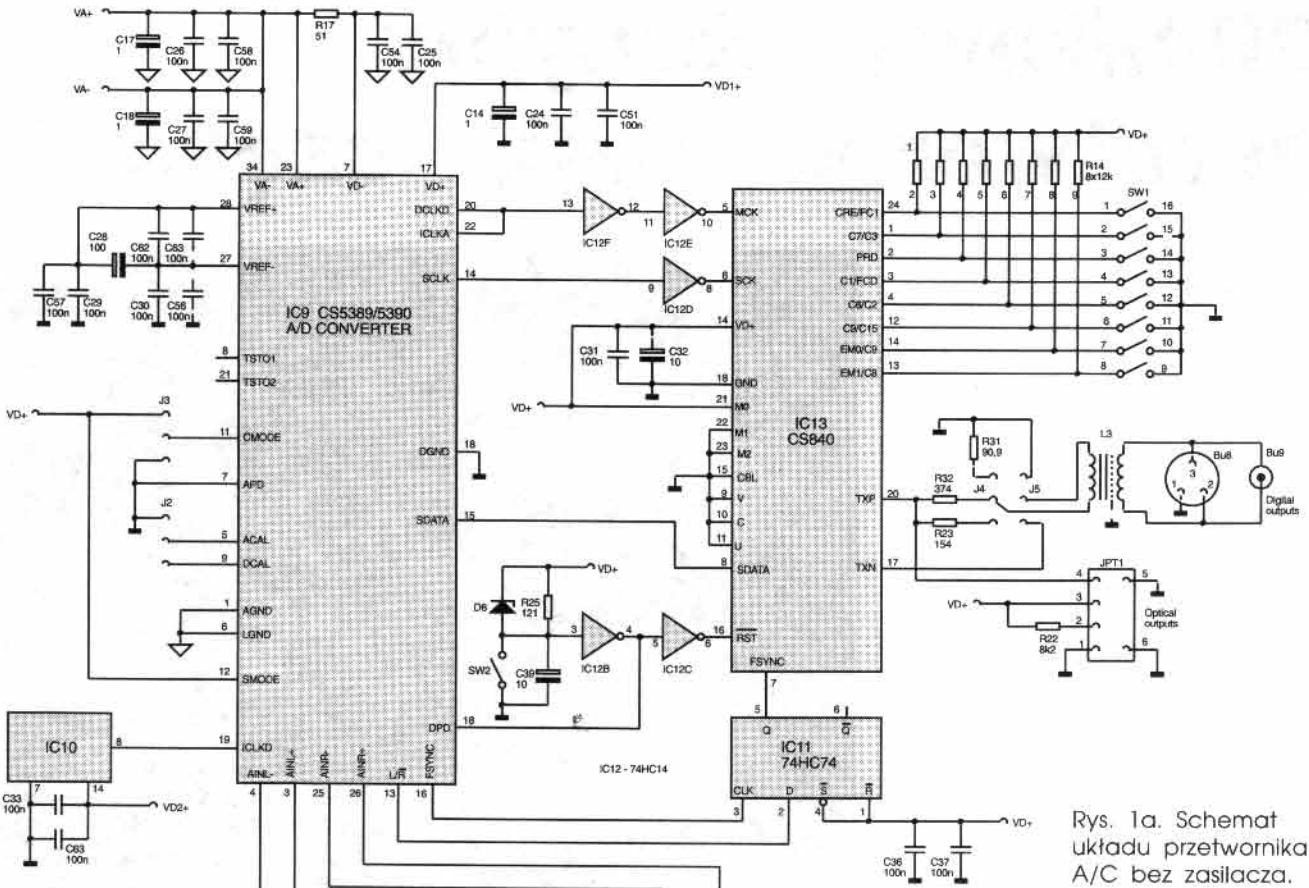
nia tak wysokiej dokładności oraz ograniczoną dostępnością odpowiednich przetworników A/C. O ile w wielu zastosowaniach rzeczywiście wystarcza rozdzielczość 16 bitów, a 4 najmniej znaczące bity są ignorowane, co przekształca kartę w prawie idealny przetwornik 16-bitowy, to w aplikacjach z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów wysoka rozdzielczość danych ma kapitalne znaczenie, gdyż pozwala na uzyskanie dużej dokładności obliczeń.

Płytę można podłączyć bez wykorzystywania Harddisk-Recorder-Interface bezpośrednio do wejścia magnetofonu DAT, jak również z powodzeniem stosować w technice pomiarowej, jednak oczywiście pod warunkiem, że zakres częstotliwości sygnałów wejściowych będzie ograniczony do 20kHz.

Po zapoznaniu się z opisami przetworników różnych producentów wybór padł na przetwornik Delta-Sigma firmy Crystal. Nawia-

sem mówiąc, daje się zauważyć na rynku szeroki wybór przetworników. Pomimo to wcale nie jest łatwo znaleźć dobrą kartę przetwornika, a to z tego powodu, że przemysł nagraniowy skoncentrował swoją uwagę na sprzęcie do odtwarzania muzyki.

W prezentowanym rozwiązaniu (rysunek 1a) został zastosowany układ scalony CS5390, który oprócz przetwornika analogowo-cyfrowego zawiera filtr cyfrowy, stopień sample-hold oraz układ napięcia odniesienia. Obrabia on dwa kanały z częstotliwością próbkowania do 50kHz przy zmianach amplitudy w zakresie do 20dB. W układzie scalonym zastosowano modulator Delta-Sigma piątego rzędu. Po przejściu przez modulator, 64-krotnie spróbkowany sygnał audio zostaje skwantowany na próbki 1-bitowe i przesłany do filtru cyfrowego. Symetryczne wejścia (bez uziemienia) w połączeniu z wysokim poziomem sygnału wejś-

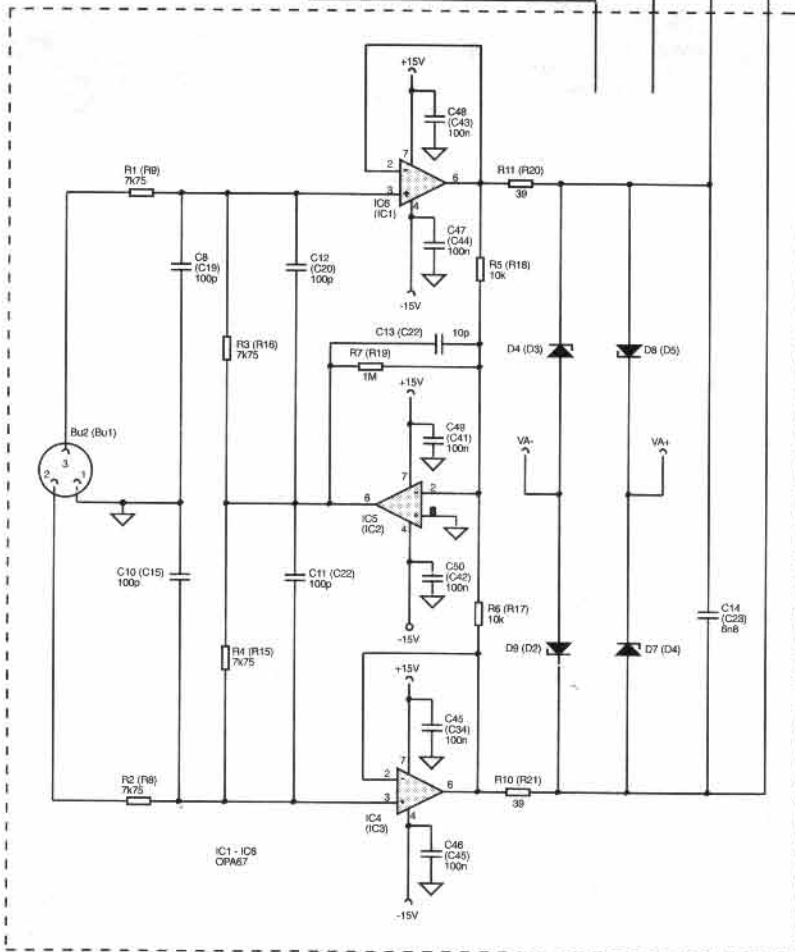


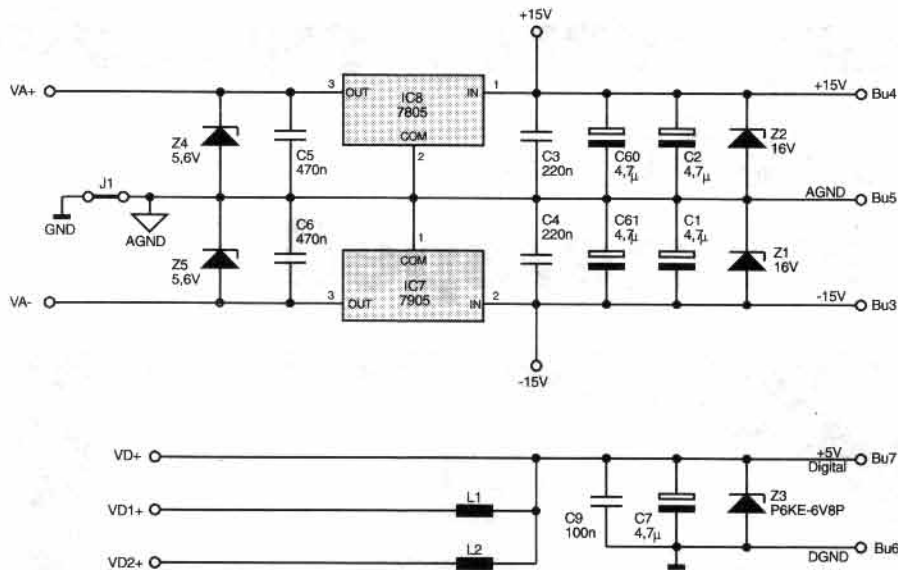
Rys. 1a. Schemat układu przetwornika A/C bez zasilacza.

ciowego gwarantują, że nawet mniej znaczące bity (LSB) przetwornika nie giną w szumach. Stopień sample-and-hold, modulator i filtr cyfrowy są podwójne, aby zagwarantować pełną równoczesność przetwarzania obydwu kanałów. Filtr cyfrowy ma częstotliwość graniczną 21,7kHz (przy częstotliwości próbkowania 48kHz), a tłumienność w paśmie przepuszczania 0,005dB, zaś w paśmie zaporowym powyżej zakresu słyszalnego 110dB. Dynamika układu została przez producenta określona na poziomie 110dB (A-ważone), a zniekształcenia (THD+N) powinny być mniejsze niż -100dB przy poziomie sygnału równym 0dB i -47dB przy sygnale -60dB.

### Alternatywa

Alternatywą dla układu CS5390 jest w pełni z nim kompatybilna i nieco tańsza wersja CS5389. Cyfrowy filtr tego prawie identycznego układu scalonego może wytwarzać jedynie 18-bitowe słowa i w związku z tym dysponuje nieco gorszymi właściwościami dynamicznymi. Producent scharakteryzował właściwości dynamiczne te-





Rys. 1b. Schemat zasilacza dla układu przetwornika A/C. Ze względu na możliwość zakłócania należy go umieścić w oddzielnej obudowie. Wydajność poszczególnych sekcji powinna wynosić: dla gałęzi  $\pm 15V$  około 80mA, a dla gałęzi 5V - 60mA.

go układu na poziomie 107dB i zniekształcenia nieliniowe -100dB przy sygnale 0dB oraz -44dB przy sygnale wynoszącym -60dB.

Cały układ składa się zasadniczo z pięciu bloków funkcjonalnych: właściwego przetwornika A/D, interfejsu cyfrowego oraz układów: kasującego (reset) i zasilania. Układ przekształca analogowe sygnały wejściowe o poziomie 20dB i wysyła je na wyjście cyfrowe w formacie AES/EBU, S/PDIF i EIAJ CP-840. Częstotliwość próbkowania można zmieniać w szerokim zakresie (32kHz - 50kHz) poprzez wymianę kwarców.

Moduł przetwornika wymaga zasilania stabilizowanym napięciem  $\pm 15V$  i  $+5V$  (schemat zasilacza przedstawiono na rysunku 1b). Dodatkowo napięcie  $\pm 5V$ , konieczne dla przetwornika A/C, jest wytwarzane na karcie przez IC7 i IC8 (stabilizatory napięcia). Oprócz typowych kondensatorów odprężających na wyjściach stabilizatorów są umieszczone diody Zenera, które chronią przetwornik przed zbyt wysokim napięciem zasilającym. Diody Z1 - Z3 tłumią chwilowe przepięcia i zabezpieczają przed większymi szkodami przy nieprawidłowej polaryzacji. Podobne zabezpieczenie można wykonać ewentualnie przy pomocy diod mocy Schottky'ego,

ale niestety nie zabezpieczają one przed przepięciami.

### Ścisły podział

Na płycie obowiązuje ścisłe rozdzielanie części analogowej od cyfrowej. Rozdzielone są również masy obydwu części - połączenie pomiędzy nimi stanowi mostek J1. Masy są poprowadzone od strony elementów i wykonane w postaci dużych powierzchni, co zapewnia małą rezystancję i ekranowanie.

Układ reset inicjalizuje CS-5390/CS5389 po każdym włączeniu. Układ różniczkujący zbudowany z R25 i C39 służy do wytworzenia dodatniego impulsu na linii DPD, co rozpoczyna procedurę automatycznego wyznaczenia napięcia Offsetu. W czasie normalnej pracy naciśnięcie SW2 również wyzwała ten sam skutek. W czasie kalibrowania część cyfrowa dokonuje pomiaru Offsetu dla każdego kanału i zapamiętuje te wartości w rejestrach wewnętrznych. Będą one porównywane z przyszłymi wartościami przekształcenia. Pomiar napięcia Offsetu jest dokonywany, zależnie od położenia zwory J2, w stosunku do masy (AGND) albo aktualnego sygnału wejściowego. Jeśli na okres „strojenia” wejść są one zwierane przez zewnętrzny przełącznik, to do tego celu (sterowania przełącznikiem) można

wykorzystać dodatni impuls na linii DCAL (J2). Drugie położenie zwory jest szczególnie przydatne do wyeliminowania błędu pomiaru napięcia Offsetu spowodowanego przez zewnętrzny stopień przedwzmacniacza.

Bufor wejściowy jest w stanie przetwarzać zarówno sygnały asymetryczne - odniesione do masy, jak i symetryczne - bez uziemienia. Stopień ten w każdym przypadku wytwarza sygnał różnicowy dla wejść układu CS5390/CS5389. Obydwa wzmacniacze operacyjne IC4 i IC6 pracują jako układy śledzące napięcie, przy czym maksymalny poziom na gniazdach wejściowych przy pełnym wystęrowaniu może wynosić 20dBV (29,44Vss). Dzielnik napięcia wejściowego utworzony z rezystorów R1 - R4 osłabia wejściowy sygnał audio o około 6dB i dopasowuje go do zakresu napięć przetwornika. Wzmacniacz operacyjny IC5 wytwarza ujemne napięcie odniesienia o wartości odpowiadającej średniej obydwu napięć wejściowych. Dzięki temu na wejściach przetwornika powstaje symetryczny sygnał różnicowy także wtedy, gdy wejście jest podłączone do masy.

Jeżeli napięcie wejściowe na konwerterze A/C wzrośnie powyżej napięcia jego pracy ( $\pm 5V$ ), to może powstać niebezpieczeństwo uszkodzenia układu w wyniku powstania efektu Latch-up. Diody Schottky'ego D1 - D8 gwarantują, że taka sytuacja nie może się zdarzyć. Nieco problematyczna jest jednak sprawa zmiennej pojemności tych diod w funkcji napięcia  $U_{AK}$ , co może prowadzić do zniekształceń sygnału. Stosując diody BAT-85 uzyskuje się zniekształcenia nieliniowe w całym zakresie badanych częstotliwości na minimalnym poziomie. To nieco niezwykle rozwiązanie prowadzi do zmniejszenia napięcia pracy analogowych wzmacniaczy operacyjnych do  $\pm 5V$ .

### Martin Kirst, Uwe Kirst

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją niemieckiego miesięcznika ELRAD.