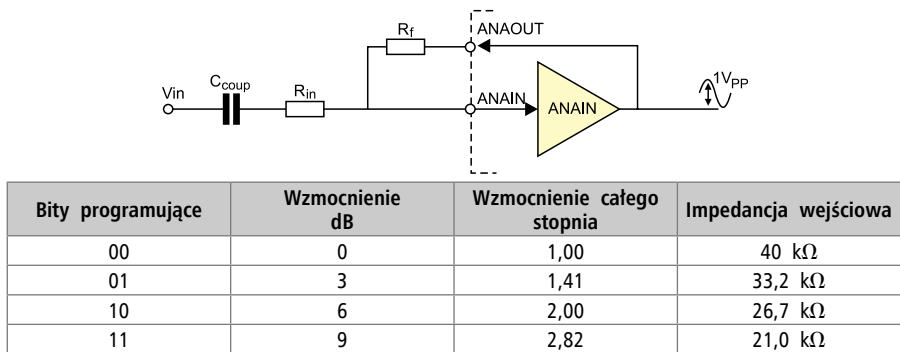


Cyfrowe rejestratory dźwięku ISD151xx (1)

Układy z rodziny ISD151xx to zaawansowane, cyfrowe układy służące do rejestracji dźwięku. Mogą być elastycznie konfigurowane, a wbudowane kompresory/dekompresory pozwalają na zapisanie nawet 30 minut komunikatów słownych w najbardziej pojemnym układzie ISD15132. Producent nie zapomniał też o dźwięku lepszej jakości wyposażając układy w interfejsy I²S i możliwość operowania na 16-bitowych nieskompresowanych danych audio.

Od pewnego czasu nagrywanie i odtwarzanie jest realizowane za pomocą techniki cyfrowej. Przeciętnemu użytkownikowi dźwięk cyfrowy kojarzy się z płytą CD, a teraz z kompresją MP3 i popularnymi „empetrójkami”. Postrzeganie tych technik na rynku konsumpcyjnym zostało ukształtowane przez działy reklamy wielkich koncernów. Stąd wzięły się na przykład slogany o krystalicznie czystym dźwięku cyfrowym. Miały one na celu przekonanie potencjalnych nabywców urządzeń o wyjątkowo-



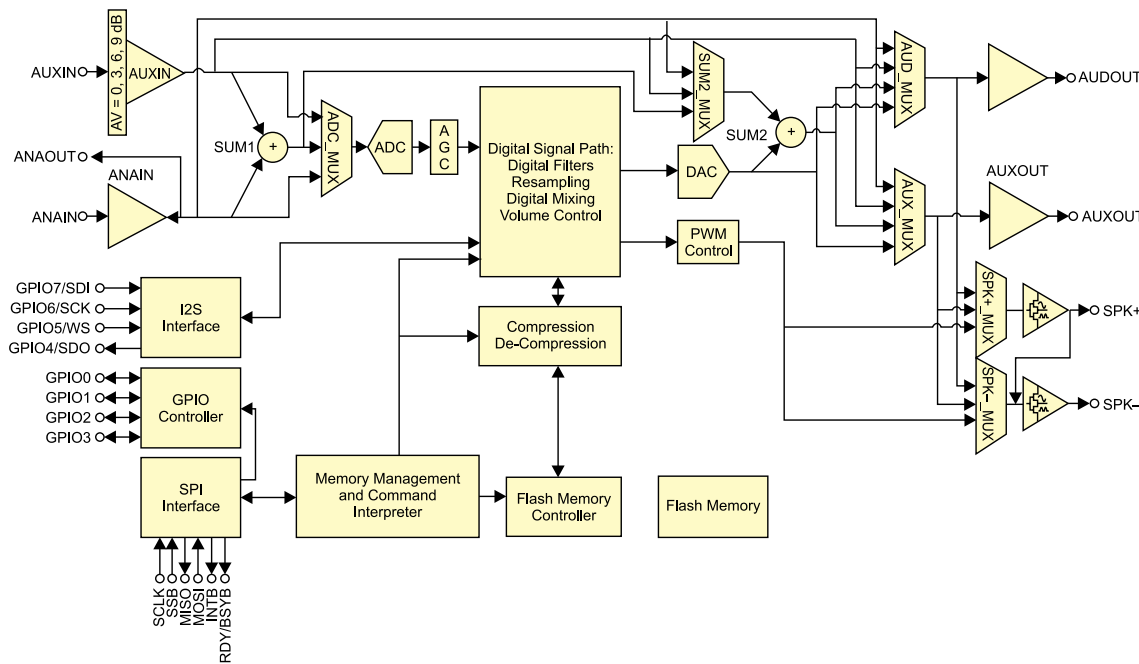
Rysunek 2. Wzmocnienie wejścia ANAIN

ści nabywanych urządzeń. Oprócz zastosowań konsumpcyjnych konwersja sygnału analogowego na cyfrowy i odwrotnie była równolegle stosowana w zastosowaniach profesjonalnych. Jednym z zasadniczych elementów tych technik były algorytmy kompresji danych cyfrowych. W wielu zastosowaniach konieczne jest przesyłanie i nagrywanie sygnału mowy. Ten sygnał może mieć mocno ograniczone pasmo i łatwo poddaje się silnej kompresji, bo zazwyczaj najważniejszym kryterium jest zrozumiałość przesyłanego lub nagrywanego dźwięku przy ograniczonym paśmie. Silna kompresja powoduje, że kanały transmisyjne nie są obciążone, a do zapisywania krótkiego komunikatu nie potrzeba megabajtów pamięci.

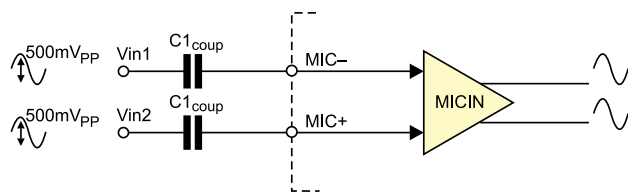
Konwersja na postać cyfrową jest stosunkowo łatwa dzięki powszechnej dostępności scalonych kodeków i przetworników A/C. Gorzej wygląda sprawa kompresji. Użycie do tego celu mikrokontrolerów, nawet tych wyposażonych w rdzenie DSP, wymaga napisania specjalizowanego oprogramowania. Dużo łatwiej jest skorzystać z gotowych, scalonych kompresorów. Poszukiwania takiego kompresora naprowadziły mnie na ślad niezwykłej rodziny układów rodziny ISD151xx produkowanych przez firmę Nuvoton.

ISD151xx mają handlową nazwę *Chip-Corder*. Jak łatwo domyślić się podstawową funkcją układu jest nagrywanie i odtwarzanie dźwięku. W rzeczywistości jest to jed-

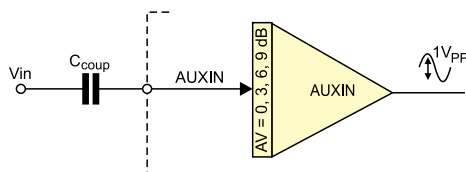
nak cyfrowy kombajn wykraczający poza tak rozumiane przeznaczenie. Jak w każdym rejestratorze cyfrowym, próbki są zapisywane w pamięci nieulotnej. Tu do zapisywania danych została użyta wbudowana pamięć Flash. Poszczególne układy rodziny różnią się między sobą pojemnością pamięci. Pierwszy z nich, ISD15101 ma pamięć o pojemności 2 Mb, a najbardziej pojemny ISD15132 aż 64 Mb. Źródłem zapisywanych danych mogą być sy-



Rysunek 1. Schemat blokowy układu rodziny ISD151xx



Rysunek 3. Wejście ANAIN skonfigurowane jako wejście mikrofonu



	BTL	AXOUT	PWM
Sposób sterowania	Napięciowy sygnał symetryczny. Wymagany zewnętrzny wzmacniacz z regulacją głośności	Wymagany zewnętrzny wzmacniacz	Bezpośrednie sterowanie
Moc wyjściowa	Zależy od zewnętrznego wzmacniacza	Zależy od zewnętrznego wzmacniacza	360 mW
Jakość sygnału	Wysoka S/N 80 dB z tłumieniem szumów	Wysoka S/N 80 dB	S/N typowo 60 dB
Dodatkowe koszty	Koszty zewnętrznego wzmacniacza	Koszty zewnętrznego wzmacniacza	brak

Rysunek 4. Porównanie parametrów wyjść ISD151xx

gnały analogowe podawane na dwa niezależne, konfigurowalne wejścia analogowe oraz interfejsy SPI lub I²S.

Wejścia analogowe

Pierwsze wejście jest nazwane ANAIN. W podstawowej aplikacji wzmocnienie sygnału podawanego na ANAIN jest określane za pomocą zewnętrznych rezystorów (rysunek 2) zgodnie z wyrażeniem $Av = Rf/Rin$.

Źródłem sygnału może być również mikrofon elektretowy – umożliwia to specjalny tryb pracy ANAIN oraz ANAOUT (rysunek 3). Zastosowanie wejścia różnicowego w połączeniu z układem AGC pozwala uzyskać niski poziom szumów tego toru.

Drugie wejście nosi nazwę AUXIN. Ma ono programowane wzmocnienie w czterech krokach: 0, 3, 6 i 9 dB. Wzmocnienie należy tak ustawić, by amplituda sygnału na wyjściu nie przekraczała $1 V_{pp}$ (rysunek 4).

Sygnały z obu wejść można mieszać (rysunek 5), ale mikser jest automatycznie wyłączany, gdy ANAIN jest skonfigurowany jako wejście mikrofonowe.

Wyjścia analogowe

ISD151xx ma dwa asymetryczne (SE) wyjścia analogowe AXOUT i ADOUT. Są to wyjścia o małej obciążalności prądowej i do sterowania głośnikiem jest wymagany dodatkowy wzmacniacz mocy. ADOUT można skonfigurować jako wyjście prądowe SE i po dołączeniu tranzystora NPN można sterować głośnikiem małej mocy.

Oprócz asymetrycznych wyjść AXOUT i ADOUT, sygnał wyjściowy może być wprowadzany na symetryczne, współdzielone z wyjściem sygnału PWM, wyjścia różnicowe

różnicowego SPK+ i SPK-. Wyjścia różnicowe również nie mogą bezpośrednio sterować głośnikiem i wymagany jest zewnętrzny wzmacniacz. Istnieje możliwość skonfigurowania SPK+ i SPK- jako wyjść PWM. Mogą wtedy

sterować bezpośrednio głośnikiem, ale moc wyjściowa nie przekracza 360 mW. Jest to idealne rozwiązanie np. do dołączenia słuchawek, do sterowania których nie jest potrzebna duża moc.

Ścieżki sygnałowe są konfigurowalne i umożliwiają elastyczne łączenie i miksowanie sygnałów wejściowych z odtwarzanymi z pamięci układu (z wyjścia przetwornika D/C – rysunek 6).

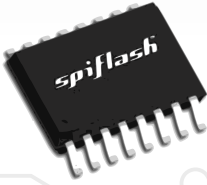

Tor danych cyfrowych

Tor przesyłania sygnałów cyfrowych umożliwia wykonywanie na danych audio wielu operacji. Jest to filtrowanie, konwersja częstotliwości próbkowania (*upsampling* i *downsampling*), miksowanie, cyfrowa regulacja poziomu i kompresja/dekompresja. Tor cyfrowy pracuje z częstotliwością próbkowania (master FS) ustaloną przez zaprogramowanie układu zegara systemowego. Z częstotliwością FS pracują przetworniki ADC i DAC, port I²S, oraz filtry upsamplera i downsamplera. Ścieżkę sygnału cyfrowego można elastycznie konfigurować (rysunek 7). Dane wejściowe mogą pochodzić z wejść analogowych (po konwersji ADC), z wejściowego interfejsu SPI i portu I²S. Po zapisaniu i dekompresji są przesyłane do przetwornika DAC, do portu I²S, modulatora PWM lub wyjściowego interfejsu SPI. Możliwe są kombinacje:

REKLAMA




FLASH & DRAM MEMORIES

founded by winbond

- CORTEX-M0 MICROCONTROLLERS
- CODECS
- ISD CHIPORDER



DYSTRYBUCJA

P.D.W. MARTEL
 UL. SOSNOWA 24-5
 55-040 BIELANY WROCŁAWSKIE
 TEL. +48 71 311 07 11
 FAX +48 71 311 07 13

- Nagrywanie danych z interfejsu SPI: SPI_IN * kompresor.
- Odtwarzanie danych z interfejsu SPI: SPI_IN * upsampler.
- Nagrywanie dźwięku: downsampler * kompresor.
- Wysyłanie dźwięku na interfejs SPI: downsampler * SPI_OUT.
- Odtwarzanie zapisanych danych przez SPI: dekompresor * SPI_OUT.
- Odtwarzanie zapisanego dźwięku: dekompresor * upsampler.

Wejściowe sygnały analogowe są konwertowane na postać cyfrową przez wbudowany przetwornik analogowo cyfrowy ADC. Na jego wejście można naprzemiennie podawać sygnał:

- Z wejścia AUXIN.
- Z wyjścia miksera (suma sygnałów AUXIN i ANAIN).
- Z wejścia ANAIN.
- Z wejścia ANAIN skonfigurowanego jako wejście mikrofonowe.

Na wyjściu przetwornika jest umieszczony programowany układ AGC (kompresor dynamiki). AGC można programowo wyłączyć. Cyfrowy sygnał z wyjścia ADC jest podawany na wejście multiplexera. Do drugiego wejścia multiplexera jest podłączony sygnał danych z wejścia portu I²S. Wybrany sygnał z wyjścia multiplexera jest podawany na wejście dolnoprzepustowego filtra downsamplera i jednocześnie na cyfrowy regulator poziomu miksera VOLA. Zadaniem filtra cyfrowego jest zmiana częstotliwości próbkowania (downsampling) i dostosowanie pasma sygnału do wybranej częstotliwości próbkowania, tak by wyeliminować zjawisko aliasingu. Dane z wyjścia filtra trafiają do bufora FIFO, a potem do kompresora danych.

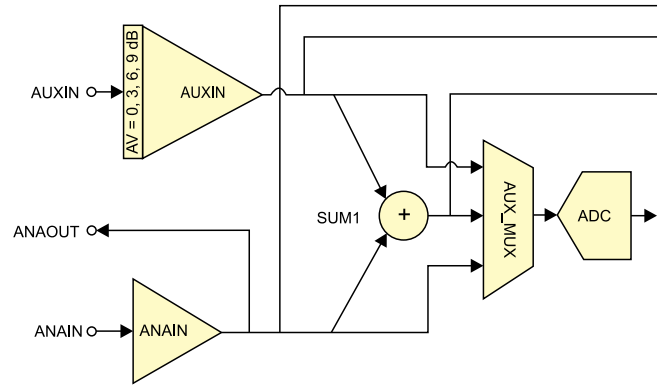
Wbudowany kompresor i bliźniaczy dekompresor danych są jednymi z ważniejszych bloków ISD151xx. Kompresor umieszczony w torze nagrywania może kompresować wejściowe dane kilkoma algorytmami:

- ADPCM o długości danych 2, 3, 4 lub 5 bitów na próbkę.
- μ -Law o długości danych 6, 7 lub 8 bitów na próbkę.
- Differential μ -Law o długości danych 6, 7 lub 8 bitów na próbkę.
- PCM 8, 10, lub 12 bitów na próbkę (PCM nie jest algorytmem kompresji. W tym przypadku następuje zmiana długości słowa próbki przy zachowaniu maksymalnej rozdzielczości).

Dane zapisane w pamięci mogą pochodzić z nie tylko z wyjścia kompresora. Można wcześniej skompresowane pliki przesłać do pamięci interfejsem SPI. Ten sposób zapisywania jest stosowany przez firmowe narzędzia oferowane przez Nuvotona.

W czasie odtwarzania zapisanych danych są one najpierw poddawane dekompresji

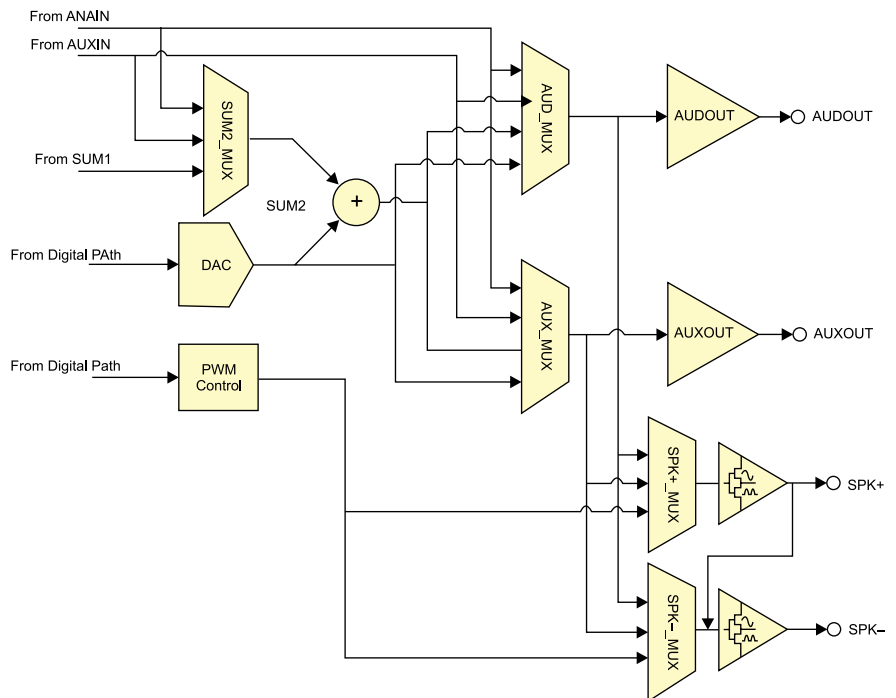
w module dekompresora, a potem podlegają nadpróbkowaniu w filtrze interpolatora. Na wyjściu tego filtra jest umieszczony cyfrowy regulator poziomu sygnału VOLB. Dane z wyjścia VOLB są miksowane z sygnałem z wyjścia VOLA. Na wyjściu miksera umieszczono kolejny regulator VOLC mający za zadanie ustalić poziom sygnału wyjściowego. Mikser sumuje sygnał wejściowy z sygnałem nagrany w pamięci Flash lub z wejściowego interfejsu SPI. Cyfrowy sygnał danych audio może być zamieniany na postać analogową przez wbu-



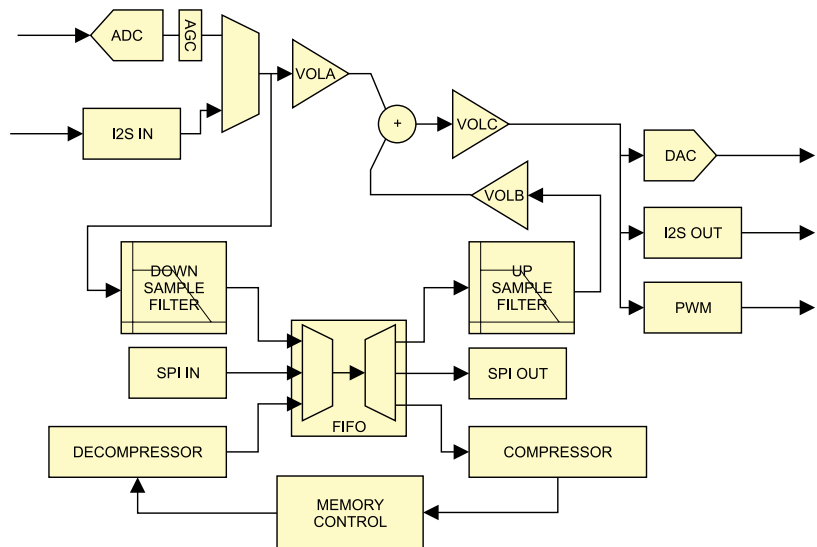
Rysunek 5. Miksowanie sygnałów z wejść ANAIN i AUXIN

wany przetwornik cyfrowo analogowy DAC, wyprowadzony na wyjściowy port I²S lub na modulator PWM.

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



Rysunek 6. ścieżki sygnałów sterujących wyjścia analogowe.



Rysunek 7. Droga sygnałów cyfrowych układu ISD151xx