

# Cyfrowe rejestratory dźwięku ISD151xx (2)



**Dodatkowe materiały na CD/FTP:**  
<ftp://ep.com.pl>, user: 10925, pass: 87thc181  
 • pierwsza część artykułu

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 interfejs I<sup>2</sup>S i możliwość operowania na 16-bitowych nieskompresowanych danych audio.

## Układ zegara systemowego

Zadaniem układu zegara systemowego jest generowanie sygnału Master Clock MCLK taktującego wszystkie bloki cyfrowego toru danych audio z pięciu źródeł:

- Wbudowanego generatora kwarcowego z dołączanym do wejść XTALIN i XTALOUT zewnętrznym oscylatorem kwarcowym.
- Zewnętrznego generatora kwarcowego (sygnał podawany na XTALIN).
- Wewnętrznego generatora RC z rezystorem podłączanym do XTALIN.
- Wbudowanego generatora (bez elementów zewnętrznych).
- Sygnału SCK z portu I<sup>2</sup>S.

Częstotliwość MCLK jest generowana przez układ PLL jest wyliczana według wzoru:  $F_{mclk} = F_{osc} \times N / 2M$ , w którym:

- $F_{mclk}$  – częstotliwość MCLK,
- $F_{osc}$  – częstotliwość wejściowa układu PLL
- M, N współczynniki układu PLL

Współczynnik M może przyjmować wartości 1,2, lub 3, a współczynnik N wartości

8, 16 lub 32. Częstotliwość próbkowania jest wyliczana z zależności:  $F_s = F_{mclk} / 512$ .

Dla standardowej częstotliwości próbkowania  $F_s = 32$  kHz  $F_{mclk} = 16,385$  MHz, dla  $F_s = 44,1$  kHz  $F_{mclk} = 22,5792$  kHz i dla  $F_s = 48$  kHz  $F_{mclk} = 24,576$  MHz.

Po wybraniu częstotliwości próbkowania w układzie downsamplera można ją dzielić na subczęstotliwości próbkowania (SubFs). Pokazano je na **rysunku 9**.

## Organizacja pamięci

Wbudowana pamięć Flash na pojemność (zależnie od typu układu) od 2 do 64 Mb. Przestrzeń adresowa zaczyna się od adresu 0. Komórki pamięci są adresowane liniowo za pomocą 24-bitowego licznika adresowego. Jednocześnie pamięć jest podzielona na sektory o pojemności 4 kB. Sektor jest najmniejszą jednostką, która można wyczyścić.

Układy ISD151xx mają wbudowane mechanizmy zarządzania zawartością pamięci pozwalające na efektywne zapisywanie i odtwarzanie danych audio. W czasie pracy układu przestrzeń adresowa jest dzielona na 2 czę-

ści przez zawartość rejestru RMP (*Recording Memory Pointer*) – **rysunek 10**.

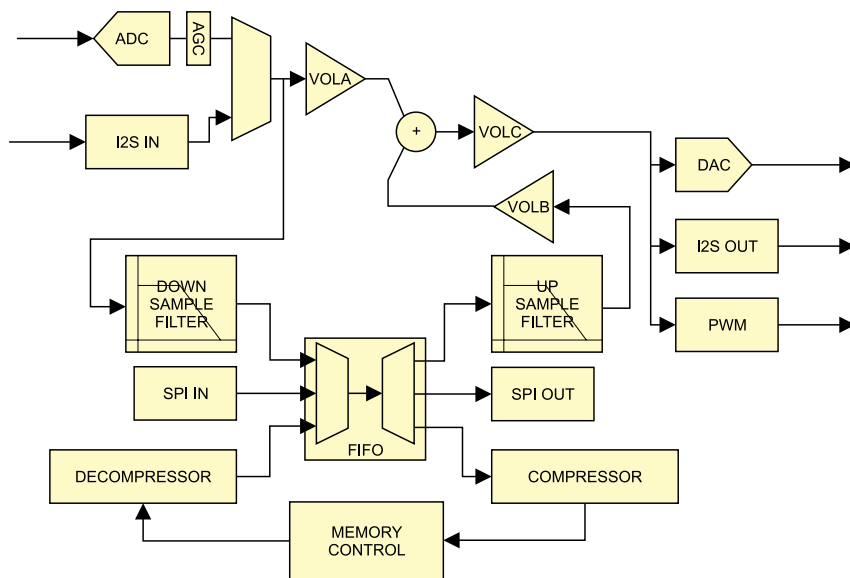
RMP zawiera numer ostatniego sektora pamięci zarezerwowanej. W pamięci zarezerwowanej są zapisane wcześniej dane: dane użytkownika, przygotowane wcześniej i nagrane fragmenty materiału dźwiękowego (*Voice Prompt*), makra i zarezerwowane sektory. Można programowo włączyć protekcję zapisu danych w wektorach poniżej zawartości RMP za wyjątkiem zarezerwowanych sektorów. W strukturze z **rysunku 10** RMP ma wartość 4, czyli adres podziału na pamięć zarezerwowaną i pamięć przeznaczoną do nagrywania jest równy szesnastkowi 4000.

Wszystkie sektory powyżej RMP aż do końca pamięci mogą być wykorzystane do nagrywania komunikatów dźwiękowych (*Message Recordings*).

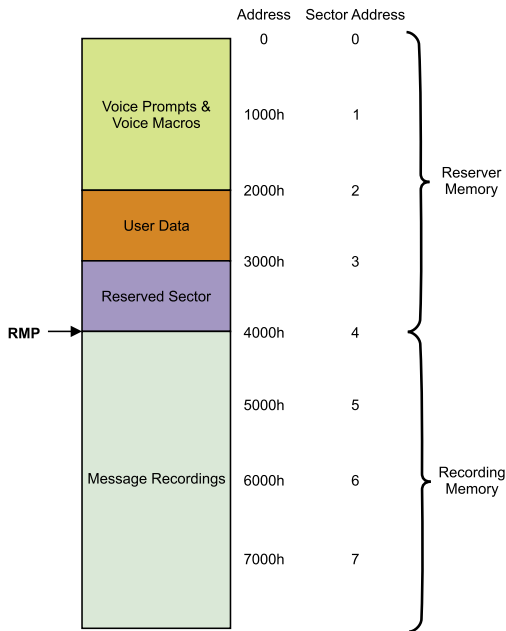
Bardzo ciekawą cechą ISD151xx jest możliwość nagrywania i odtwarzania Voice Prompt. Są to wcześniej nagrane i zapisane w pamięci komputera krótkie frazy, efekty dźwiękowe, fragmenty muzyczne itp. Po przygotowaniu są przegrywane do pamięci układu i mogą być odtwarzane w dowolnej kolejności i dowolną ilość razy – na przykład w pętli. O sposobie odtwarzania decyduje aplikacja użytkownika.

Lokalizacja Voice Prompt w pamięci jest określona przez swój indeks. Adresowanie indeksowane pozwala na modyfikacje zawartości zapisanych w pamięci Voice Prompt bez konieczności zmiany w aplikacji sterującej. Przykładem wykorzystania tej właściwości jest aplikacja głośnomówiącego termometru. Z nagranych wcześniej liczebników można dowolnie składać komunikaty dźwiękowe.

Drugim silnym wsparciem jest możliwość budowania makr. Makra pozwalają na grupowanie odtwarzania wielu Voice Prompt, ale także innych komend układu w jedną strukturę. Odtwarzanie makra jest wywoływane jedną komendą, co znacznie upraszcza aplikację użytkownika. Makra są identyfikowane w pamięci poprzez adresowanie indeksowe, tak jak w przypadku Voice Prompt. Dwa pierwsze indeksy są zarezerwowane dla celów specjalnych: indeks 0 dla makra inicjalizacyjnego wykonywanego po włączeniu zasilania *Power On Initialization* (POI) i indeks 1 dla makra



Rysunek 8 Droga sygnałów cyfrowych układu ISD151xx



Podział Fs	Częstotliwość Fs (kHz)		
	32	44,1	48
8	4	5,5125	6
6	5,333	7,35	8
5	6,4	8,82	9,6
4	8	11,025	12
2,5	12,8	17,64	19,2
2	16	22,05	24
1	32	44,1	48

Rysunek 9. Dostępne nastawy częstotliwości SubFs

inicjalizacyjnego wykonywanego po programowym włączeniu zasilania komendą SPI - *Power Up* (PU). W makrach inicjalizacyjnych ustawiany jest układ zegara systemowego i najważniejsze rejestry konfiguracyjne.

Zarezerwowane sektory są grupą 4 kB wolnych (skasowanych) sektorów zarezerwowanych dla pustych sektorów (*Empty Sector*) zapisywanych komunikatów. Pusty sektor jest sektorem początkowym każdego zapisywanego komunikatu. Po wykonaniu komendy startu zapisywania menadżer pamięci adresuje początek nagrywania w pustym sektorze, a po jego wypełnieniu (jeżeli nagrywane dane mają więcej niż 4 kB) adresuje kolejny sektor z obszaru powyżej RMP.

Jak już wspomniałem Voice Prompt i makra są identyfikowane w pamięci poprzez indeks. Na początku pierwszego sektora pamięci (od adresu 0) jest umieszczony nagłówek pamięci składający się z 17 bajtów. Po nagłówku użytkownik zapisuje tablice konwersji alokacji kolejnych makr i Voice Prompt.

Nagłówek i początek tablicy konwersji są pokazane na rysunku 11.

Bajt 1 i 2 to 16-bitowy rejestr RMP. RMP jest numerem ostatniego sektora

pamięci chronionej. W kolejnych 2 bajtach jest zapisana zawartość rejestru PMP (*Protected Memory Pointer*) związanego z mechanizmami protekcji zapisu opisanymi powyżej. Sześciobajtowe pola POI\_VM i PU\_VM zawierają 24-bitowe, rzeczywiste adresy początku i końca makr *Power On Initialization* (POI) i *Power Up*. Po tych polach zaczynają się kolejne 6-bajtowe pola Voice Prompt lub makr. W każdym z nich są również zapisane 24-bitowe adresy początku i końca.

Voice Prompt i makra są adresowane w czasie zapisywania lub odtwarzania przez nadanie indeksu. Układ sterowania ISD151xx w czasie odtwarzania na przykład Voice Prompt o indeksie IDX wylicza adres początkowy w tablicy według zależności  $ADD=6 \times IDX + 5$ . Dla  $IDX=2$  mamy adres 17.

W czasie wykonywania komendy odtwarzania Voice Prompt lub makra na podstawie znanego indeksu układ sterowania wylicza adres początkowy w pierwszym sektorze pamięci Flash, a następnie pobiera 3 bajty do rejestru adresu początku i 3 kolejne bajty do rejestru adresu końca. Każdy sektor pamięci w którym jest zapisana wiadomość lub część dłuższej wiadomości ma swój nagłówek (rysunek 14).

Ilość sektorów, w których jest wyzerowany BOM określa ilość nagranych wiadomości

REKLAMA

PROJEKTUJEMY  
PRODUKUJEMY  
SPRZEDAJEMY  
klawiatury • elewacje  
tabliczki • zestawy foliowe

Towarzystwo Elektrotechnologiczne **Qwerty** Sp. z o.o.  
ul. Siewna 21, 94-250 Łódź  
tel. +48 426324792, +48 426333284, +48 426304264,  
fax +48 426328593  
e-mail: qwerty@qwerty.pl; www.qwerty.pl;

**winbond**  
FLASH & DRAM MEMORIES

**nuvoTon**  
founded by winbond

- CORTEX-M0 MICROCONTROLLERS
- CODECS
- ISD CHIPORDER

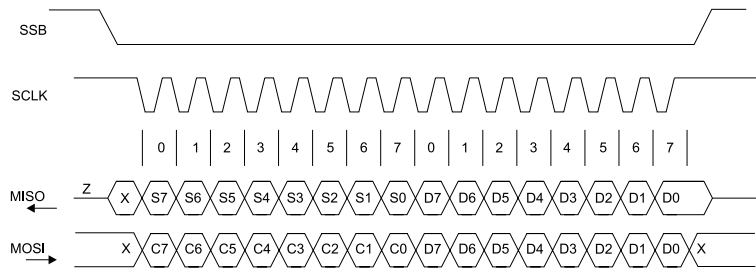
DYSTRYBUCJA  
**MARTEL**  
WWW.MARTEL.PL

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

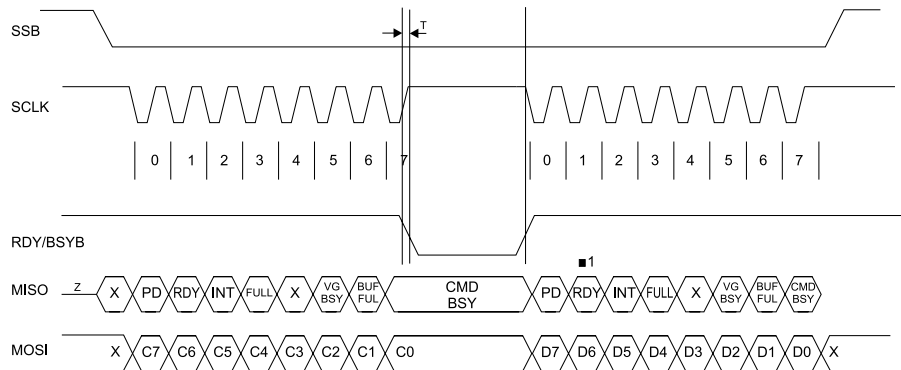


**AVT5108 2-kanalowy termometr z dwukolorowym wyświetlaczem LED**  
 W prezentowanym zestawie zastosowano oryginalny sposób wskazywania temperatury. O tym, który z dwóch czujników jest w danej chwili odczytywany świadczy kolor, w jakim wyświetlana jest mierzona wartość. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu specjalnych, dwukolorowych, siedmiosegmentowych wskaźników LED.

- dwa kanały pomiarowe
- obrazowanie wyników: czterocyfrowy, dwukolorowy wyświetlacz LED
- identyfikacja kanału pomiarowego kolorem świecenia (czerwony/zielony)
- wybór kanału ręczny lub automatyczny
- zakres pomiarowy: -55...+99,9°C
- rozdzielczość: 0,1°C
- programowany czas aktywności każdego z kanałów
- zasilanie: 9...12 VDC/100mA



Rysunek 10. Organizacja pamięci



Rysunek 11. Pierwsze bajty pamięci

Bajty nagłówka				Bajty tablicy		
Bajt0	Bajty [2:1]	Bajty[4:3]	Bajty[10:5]	Bajty[16:11]	Bajty[22:17]	Bajty[28:23]
0xCx	RMP[15:0]	PMP[15:0]	POI_VM	PU_VM	VM/VP[2]	VM/VP[3]

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
1	1	0	0	1	RP	WP	CEP

**CEP (Chip Erase Protect)**

=0 zezwolenie na protekcje kasowania układu -pamięć można tylko odczytywać  
 =1 pamięć układu można kasować nawet wtedy, kiedy ustawiona jest protekcja zapisu.

**WP (Write Protect)**

=0 zezwolenie na protekcje zapisu danych poniżej wskaźnika PMP. Używany jest do zabezpieczania już zapisanych danych audio, lub danych użytkownika.  
 =1 protekcja zapisu wyłączona.

**RP (Read Protect)**

=0 zezwolenie na protekcje odczytu zawartości pamięci poniżej PMP. Uniemożliwia odczytanie zawartości pamięci w celu skopiowania. Odtwarzanie jest możliwe.  
 =1 protekcja odczytu wyłączona.

Rysunek 12. Bajt zerowy pamięci

trakcie wysyłania bajta komendy lub danych.

Wymiana danych rozpoczyna się po wystawieniu stanu niskiego przez hosta na linii SSB. Jako pierwszy jest wysyłany kod komendy (bity C0...C7 – rysunek 15) i jed-

nocześnie odbierany bajt statusu (bity S0...S7). Zależnie od rodzaju komendy po kodzie mogą być wysyłane przez host dalsze dane przez linię MOSI.

Oprócz typowych linii interfejsu SPI w procesie wymiany danych jest wykorzy-

Adres początkowy			Adres końcowy		
Bity [A0:A7]	Bity [A8:A15]	Bity [A16:A23]	Bity [A0:A7]	Bity [A8:A15]	Bity [A16:A23]
Adres w pamięci = 6*IDX + 5	Adres w pamięci = (6*IDX + 5) + 1	Adres w pamięci = (6*IDX + 5) + 2	Adres w pamięci = (6*IDX + 5) + 3	Adres w pamięci = (6*IDX + 5) + 4	Adres w pamięci = (6*IDX + 5) + 5

Rysunek 13. Umieszczenie adresów początku i końca makra lub komunikatu Voice prompt o indeksie IDX

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
BOM	EOM	RSVD	-	-	-	-	-

BOM=0 sygnalizuje, że ten sektor jest sektorem początkowym wiadomości.

EOM=0 sygnalizuje, że ten sektor jest sektorem końcowym wiadomości.

RSVD=0 sygnalizuje, że ten sektor zawiera nagraną wiadomość, lub, że jest zarezerwowany dla danych użytkownika.

Rysunek 14. nagłówek wiadomości

w układzie ISD151xx. W każdym sektorze, w którym nie jest wyzerowany bit EOM, dwa kolejne bajty po nagłówku zawierają numer kolejnego sektora z następną częścią nagrania. Odczytywanie tego numeru w każdym nagrany sektorze (kiedy EOM=1) pozwala na skompletowanie całej wiadomości. Kompletowanie się kończy po trafieniu na sektor z wyzerowanym EOM.

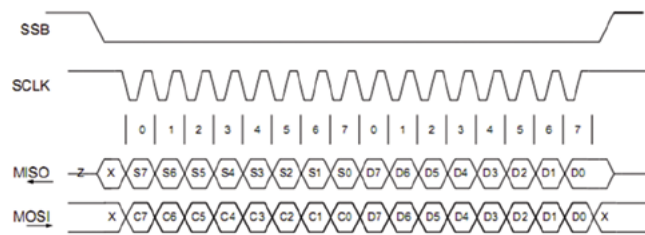
**Komendy SPI**

Układ ISD151xx jest sterowany przez zewnętrzny mikrokontroler host przez interfejs SPI. W magistrali host jest układem master, a ISD151xx jest układem slave. Interfejs jest zbudowany z 4 linii:

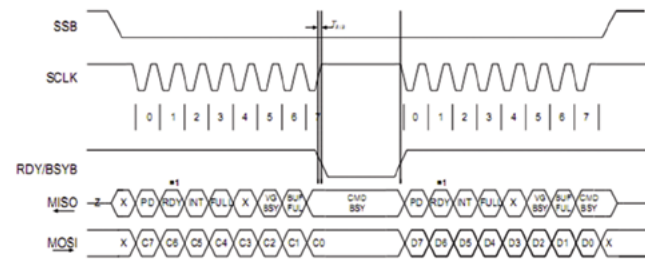
- Linii MISO (z punktu widzenia hosta jest to linia danych wejściowych).
- Linii MOSI (z punktu widzenia hosta jest to linia danych wyjściowych).
- SCLK – linia zegarowa; sygnał zegarowy generuje układ master czyli host.
- SSB (linia uaktywnienia interfejsu układu slave; jest linią wyjściowa hosta).

W czasie przesyłania dane są próbkowane przy narastającym zboczku sygnału zegarowego SCLK. Interfejs SPI charakteryzuje się tym, że w czasie wysyłania bitu z hosta do slave linią MOSI jednocześnie host odbiera bit ze slave linią MISO. Ta właściwość jest wykorzystywana do przesyłania przez ISD151xx bajta statusowego (prawie zawsze poza odbiorem danych)

stywana dodatkowa linia RDY/BSYB. RDY/BSYB informuje host o możliwości przesyłania danych do układu. Jeżeli jest na niej wymuszony stan niski, to oznacza, że transmisja musu zostać przerwana, bo układ jest zajęty przetwarzaniem poprzednio przesłanych danych. Wznowienie transmisji jest możliwe po przejściu RDY/BSYB w stan wysoki. W czasie sygnalizowania zajętości linia zegara SCLK musi być na poziomie wysokim (rysunek 16).



Rysunek 15. Przebiegi czasowe na magistrali SPI



Rysunek 16. Transmisja ze stanem wstrzymania

### Komendy SPI

Host steruje pracą układu wysyłając do niego komendy SPI. Każda komenda składa się z 1-bajtowego kodu i argumentu o długości zależnej od rodzaju komendy. W trakcie wysyłania kodu i argumentów układ wysyła zwrótnie bajt statusowy.

Wszystkich komend jest 28 i można je podzielić na 4 grupy:

- Grupa komend przeznaczona do odtwarzania i nagrywania danych audio. W skład tej grupy wchodzi komendy odtwarzania Voice Prompt i Voice Macro, zapisywania i odtwarzania wiadomości, odtwarzania przerwy (wyciszenia) przez zadany czas, zatrzymywania odtwarzania (komenda STOP), kasowania nagranych wiadomości, zapisywanie i odtwarzanie danych audio PCM

przez interfejs SPI oraz zapisywanie i odtwarzanie skompresowanych danych audio przez interfejs SPI.

- Grupa komend przeznaczona do określania statusu układu ISD151xx. W jej skład wchodzi komendy odczytu rejestru statusu (na żądanie), odczytu rejestru statusu przerwań, odczytu parametrów zapisanej wiadomości (adres startu i ilość zapisanych sektorów), bieżąca ilość zapisywanych, lub odczytywanych sektorów, oraz odczytanie identyfikatora (ID) układu.
- Grupa komend zapisu/odczytu danych. Komendy te są przeznaczone do zapisywania, odczytywania i kasowania danych innych niż dane audio.
- Grupa komend przeznaczona do konfiguracji układu. W skład tej grupy wchodzi komendy programowego włączania i wyłączania zasilania, zapisywania i odczytywania rejestrów konfiguracji układu zegara, oraz zapisywania i odczytywania rejestrów konfiguracyjnych. Dokładne opisywanie wszystkich komend znacznie wykracza poza ramy tego artykułu. Taki opis można bez trudu znaleźć w dokumentacji układu.

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

REKLAMA



fronty foliowe



klawiatury silikonowe



klawiatury membranowe



klawiatury pojemnościowe

ponadto oferujemy panele dotykowe, obudowy i wiele innych rozwiązań




**HORIZON**  
TECHNOLOGIES

www.horizontech.pl


Horizon Technologies Sp. z o.o. 66-400 Gorzów Wielkopolski ul. Walczaka 25  
tel. 95 782 12 11 faks 95 782 12 14 e-mail: biuro@horizontech.pl

## Zasilacze modułowe serii G3 15-150W




- kondensatory elektrolityczne o długiej żywotności i wytrzymałości 105°C
- wytrzymałość na wibracje do 5G
- zabezpieczenia: przeciwzwarceniowe, przepięciowe, przeciążeniowe
- małe rozmiary, duża wydajność mocy
- temperatura pracy od -20~+70°C
- możliwość instalacji na szynie DIN
- certyfikaty UL / TUV / CB / CE / EMC
- 3 lata gwarancji

Zamów bezpłatny katalog MeanWell



**MEAN WELL**



**ELMARK**  
Automatyka sp. z o.o.

Elmark Automatyka Sp. z o.o.  
 ul. Bukowińska 22 lok 1B, 02-703 Warszawa  
 tel. 22 541 84 60; fax. 22 541 84 61  
 elmark@elmark.com.pl  
 www.meanwell.elmark.com.pl