

**MART1700\_v2:**  
**MODUŁ TESTOWY DO NAGRYWANIA I ODTWARZANIA**  
**KOMUNIKATÓW DŹWIĘKOWYCH Z WYKORZYSTANIEM**  
**UKŁADÓW SERII ISD1700**

## 1. KONSTRUKCJA MODUŁU MART1700\_v2

**MART1700\_v2** jest modułem służącym do wielokrotnego zapisu i odczytu sygnałów dźwiękowych (komunikatów) z wykorzystaniem układów serii ISD1700 amerykańskiej firmy **Nuvoton Technology Corporation**. Wykonane w technologii nieulotnego zapisu wielopoziomowego (ang. MLS - Multilevel Storage Technology) układy ISD1700 charakteryzują się wysoką jakością zapisu dźwięku, prostotą działania oraz dużą trwałością zapisu po odłączeniu zasilania (100 lat). Sterowanie może odbywać się w dwóch trybach: **autonomicznym** (poprzez równoległy interfejs przyciskowy) lub **SPI** (poprzez szeregowy 4-przewodowy interfejs SPI). Umożliwiają one w prosty sposób osiągnięcie szeregu funkcji, bez konieczności stosowania dodatkowych układów sterujących.

W trybie autonomicznym (przyciskowym) są realizowane następujące funkcje:

- **sekwencyjny (beadresowy) zapis komunikatów dźwiękowych, wyzwalany poziomem,**
- **odtworzenie indywidualnego komunikatu, wyzwalane zboczem,**
- **odtworzenie ciągłe (zapętlenie) komunikatów wyzwalane poziomem,**
- **zmiana prędkości odtwarzania dźwięku,**
- **kasowanie pierwszego lub ostatniego komunikatu zapisanego w pamięci, wyzwalane zboczem,**
- **kasowanie wszystkich komunikatów (całej pamięci) wyzwalane poziomem,**
- **skok do następnego komunikatu w pamięci (wyszukiwanie komunikatu), wyzwalany zboczem,**
- **8-poziomowa regulacja głośności sygnału audio na wyjściach głośnikowych,**
- **sygnalizacja stanu gotowości układu,**
- **zerowanie układu do stanu początkowego (ustawień fabrycznych).**

W trybie SPI układ realizuje wszystkie funkcje dostępne w trybie autonomicznym, a ponadto realizuje polecenia pozwalające na:

- **konfigurację wewnętrznego toru analogowego,**
- **bezpośrednie adresowanie pamięci układu umożliwiające wyznaczenie początkowego i końcowego adresu operacji zapisu, odtwarzania i kasowania.**

Na rys.1 przedstawiono schemat ideowy modułu MART1700\_v2, a na rys.2 rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej. Do prawidłowego działania modułu są wymagane następujące elementy zewnętrzne:

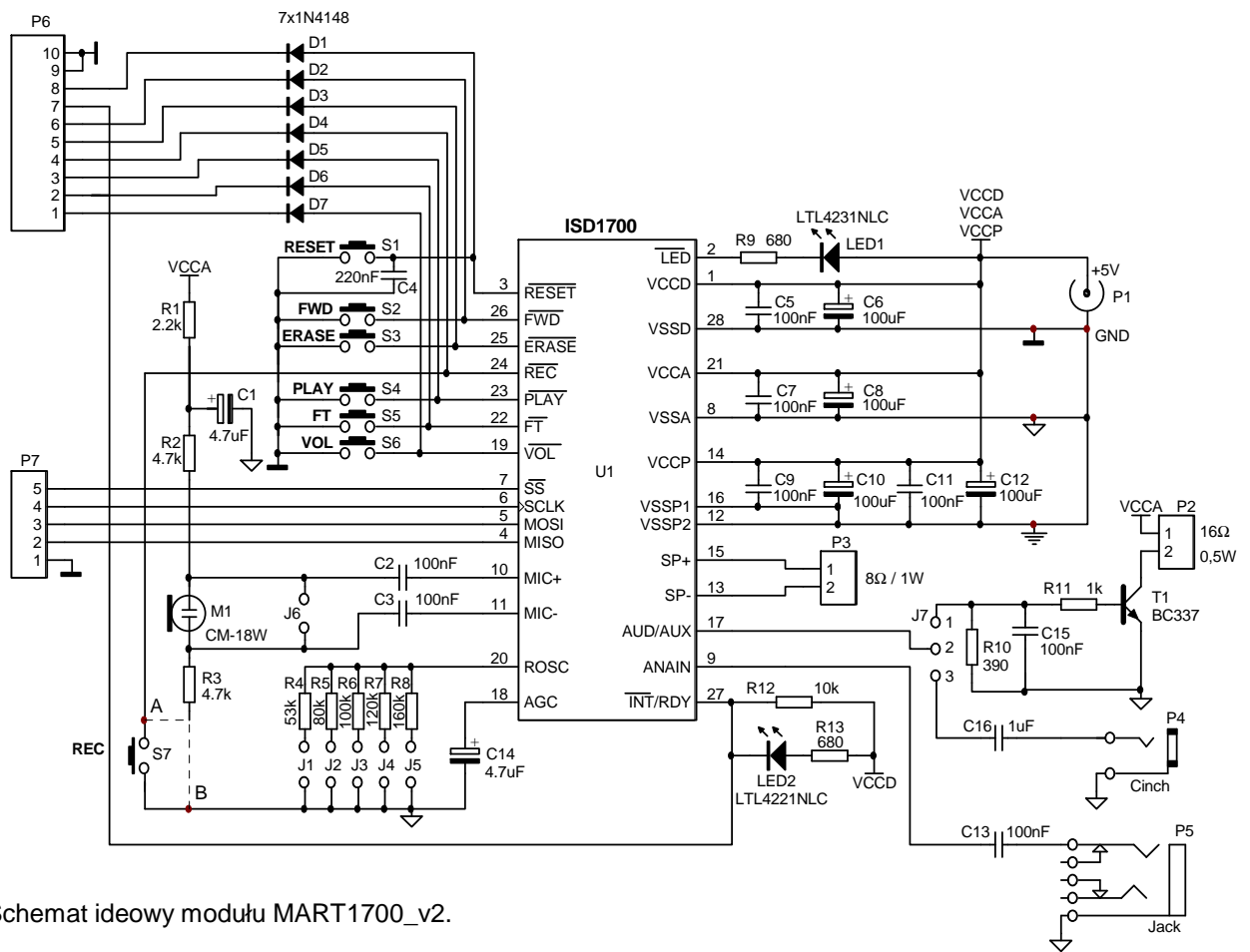
- zasilacz stabilizowany o napięciu z zakresu +2,4 ... +5,5 V, podłączony do gniazda P1,
- głośnik uniwersalny 1W/8Ω, podłączony do listwy P3, lub głośnik 0,5W/16Ω podłączony do listwy P2,
- opcjonalnie źródło sygnału dźwiękowego (karta dźwiękowa komputera, magnetofon, odtwarzacz CD, itp.) podłączone do gniazda P5.

Aktualny stan układu (realizowana operacja) jest sygnalizowany za pomocą diod LED1 i LED2. Po zakończeniu każdej operacji układ ISD1700 wchodzi automatycznie w tryb czuwania (ang. Power Down) o znacznie zredukowanym poborze mocy.

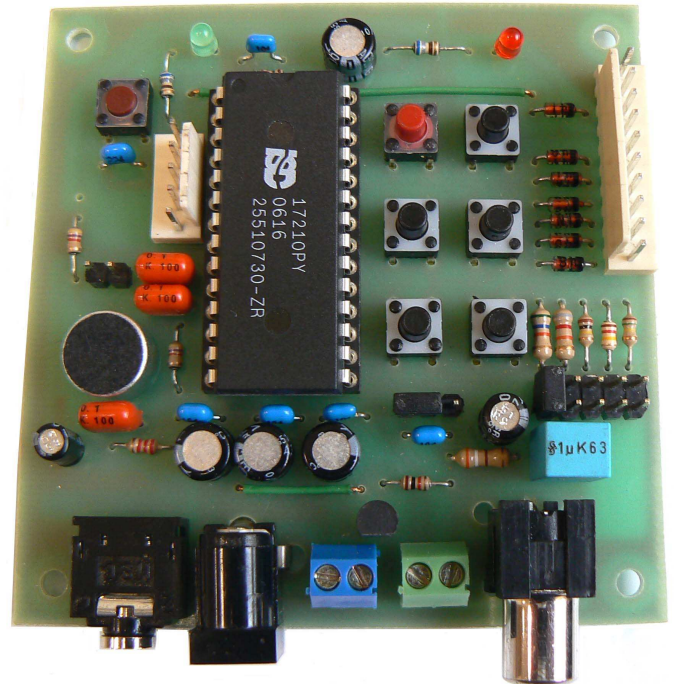
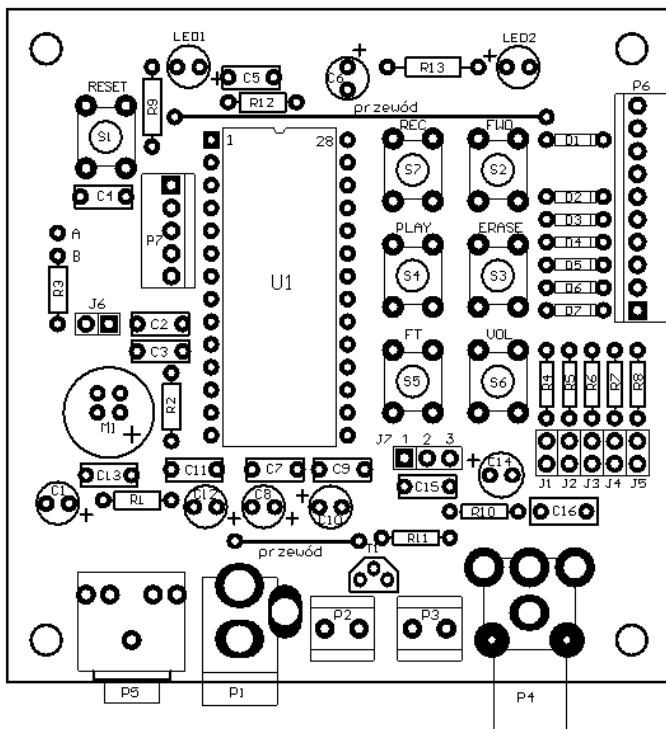
**Uwaga:** rezystor R3 może być podłączony na dwa sposoby, jak pokazano na rys.1.

- Przy pracy modułu w trybie autonomicznym R3 może być podłączony albo do punktu A, albo do punktu B. W pierwszym przypadku obwód mikrofonowy jest zasilany tylko w czasie trwania nagrywania komunikatu, co umożliwia znaczną redukcję poboru prądu modułu w trybie czuwania do wartości  $<1 \mu\text{A}$ . Przy podłączeniu rezystora do punktu B obwód mikrofonowy jest zasilany w sposób ciągły, co zwiększa pobór prądu modułu w trybie czuwania do kilkuset  $\mu\text{A}$ .
- Przy pracy modułu w trybie SPI rezystor R3 musi być podłączony do punktu B.

Na płycie drukowanej znajdują się odpowiednie pola lutownicze A i B, umożliwiające wlutowanie rezystora R3 na jeden z dwóch powyższych sposobów.



Rys.1. Schemat ideowy modułu MART1700\_v2.



Rys.2. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej MART1700\_v2 (skala 1,2 : 1).

## 2. WYPROWADZENIA MODUŁU MART1700\_v2

Moduł zawiera elementy elektromechaniczne (przyciski S1...S7, zwieracze J1...J7, gniazda wejściowe i wyjściowe P1...P7) niezbędne do realizacji wszystkich funkcji układu w trybie autonomicznym (przyciskowym). Ponadto wejścia sygnałów sterujących do uruchamiania poszczególnych funkcji zostały dodatkowo wyprowadzone na złącze P6, równolegle do odpowiednich przycisków S1...S7. W ten sposób jest możliwe uruchamianie poszczególnych funkcji układu zarówno za pomocą przycisków, jak i za pomocą zewnętrznych sygnałów o odpowiednich poziomach logicznych. Ponadto na złącze P7 zostały wyprowadzone sygnały interfejsu SPI, co umożliwia sterowanie układem za pomocą np mikrokontrolera.

Komunikaty mogą być nagrywane do układu za pomocą mikrofonu umieszczonego w module lub z zewnętrznego źródła (magnetofon, odtwarzacz CD, karta dźwiękowa komputera itp) poprzez gniazdo P5. Odtwarzane komunikaty są wyprowadzone na wyjścia głośnikowe typu PWM, do których, poprzez gniazdo P3, można bezpośrednio podłączyć głośnik. Jednocześnie komunikaty są wyprowadzane albo jako niewzmocnione analogowe sygnały audio na gniazdo P4, albo po wzmocnieniu mocy na głośnik podłączony do gniazda P2 (zależnie od położenia zwieracza J7).

Moduł jest przewidziany do zasilania napięciem stabilizowanym z zakresu  $V_{CC} = 2,4 \dots 5,5 \text{ V}$  doprowadzonym do gniazda P1.

Wszystkie sygnały sterujące:  $\overline{\text{RESET}}$ ,  $\overline{\text{FWD}}$ ,  $\overline{\text{ERASE}}$ ,  $\overline{\text{REC}}$ ,  $\overline{\text{PLAY}}$ ,  $\overline{\text{FT}}$ ,  $\overline{\text{VOL}}$  i  $\overline{\text{INT}}/\text{RDY}$  oraz sygnały interfejsu SPI:  $\overline{\text{SS}}$ , SCLK, MOSI i MISO układu ISD1700 są sygnałami cyfrowymi, przyjmującymi dwie wartości napięcia: niskie L (stan logiczny L) lub wysokie H (stan logiczny H), zależne od napięcia zasilania  $V_{CC}$ . Dla układów serii ISD1700 napięcia te mają następujące wartości względem masy elektrycznej:

- napięcie wejściowe L:  $-0,3 \text{ V} \dots 0,3 \times V_{CC}$ ,
- napięcie wejściowe H:  $0,7 \times V_{CC} \dots V_{CC}$ ,
- napięcie wyjściowe L:  $-0,3 \text{ V} \dots 0,3 \times V_{CC}$ , maks. 4 mA,
- napięcie wyjściowe H:  $0,7 \times V_{CC} \dots V_{CC}$ , maks. 1,6 mA.

W dalszym opisie będzie używany również alternatywny zapis stanu danego sygnału sterującego (wejścia/wyjścia): *nazwa sygnału* = L, H, LH, HL, gdzie: LH – zbocze narastające sygnału, HL – zbocze opadające.

Wejścia  $\overline{\text{RESET}}$ ,  $\overline{\text{FWD}}$ ,  $\overline{\text{ERASE}}$ ,  $\overline{\text{REC}}$ ,  $\overline{\text{PLAY}}$ ,  $\overline{\text{FT}}$ ,  $\overline{\text{VOL}}$ , MOSI, SCLK i  $\overline{\text{SS}}$  posiadają wewnętrzny rezystor podciągający, wymuszający stan logiczny H na tych końcówkach. Wejścia  $\overline{\text{FWD}}$ ,  $\overline{\text{ERASE}}$ ,  $\overline{\text{REC}}$ ,  $\overline{\text{PLAY}}$ ,  $\overline{\text{FT}}$  i  $\overline{\text{VOL}}$  dodatkowo układ eliminacji drgań zestyków przycisków mechanicznych. Stanem aktywnym wszystkich sygnałów jest L.

- S1 - przycisk uruchamiania funkcji RESET (wejście sygnału zerowania  $\overline{\text{RESET}}$ ) - wprowadzenie układu w stan początkowy i inicjalizacja wszystkich wskaźników z wartościami domyślnymi, bez kasowania nagranych komunikatów.
- S2 - przycisk uruchamiania funkcji FWD (wejście sygnału  $\overline{\text{FWD}}$ ) - przeskoczenie do następnego komunikatu. Krótki impuls L powoduje:
- w stanie czuwania - przeskoczenie od bieżącego komunikatu do następnego (o jeden komunikat do przodu) i ustawienie na nim wskaźnika odtwarzania,
  - podczas odtwarzania - zatrzymanie tego procesu, przejście do następnego komunikatu i odtworzenie go od początku.
- S3 - przycisk uruchamiania funkcji ERASE (wejście sygnału  $\overline{\text{ERASE}}$ ) - kasowanie pierwszego lub ostatniego komunikatu w pamięci lub kasowanie całej pamięci. Krótki impuls L powoduje skasowanie bieżącego komunikatu (na który wskazuje wewnętrzny wskaźnik odtwarzania), ale tylko wtedy, gdy jest on albo pierwszym, albo ostatnim komunikatem. Utrzymanie na tym wejściu stanu L przez min. 3 sekundy powoduje globalne kasowanie całej pamięci.
- S4 - przycisk uruchamiania funkcji PLAY (wejście sygnału  $\overline{\text{PLAY}}$ ) - odtwarzanie bieżącego komunikatu zapisanego w pamięci układu. Początek bieżącego komunikatu w pamięci jest określony przez wewnętrzny wskaźnik odtwarzania. Krótki impuls L powoduje rozpoczęcie odtwarzania tego komunikatu, a następny impuls L powoduje jego zatrzymanie. Odtwarzanie jest zatrzymywane również wtedy, gdy układ wykryje koniec komunikatu (wewnętrzny znacznik końca). Do takiego działania układu wymagane jest, aby czas trwania impulsu L był krótszy od czasu trwania odtwarzanego komunikatu.

W przypadku gdy sygnał  $\overline{\text{PLAY}}$  jest utrzymywany w sposób ciągły w stanie L, układ odtwarza kolejne komunikaty zapisane w pamięci. Powrót sygnału do stanu H powoduje zatrzymanie odtwarzania po napotkaniu końca aktualnego komunikatu. Od tego momentu komunikat ten staje się bieżącym.

- S5 - przycisk uruchamiania funkcji FT (wejście sygnału  $\overline{FT}$ ) - w trybie autonomicznym konfiguracja toru analogowego jako bezpośredniego wzmacniacza wejściowego sygnału audio ANAIN (z gniazda P5) na wyjścia SP+/- i AUD/AUX.  
W trybie SPI powyższa konfiguracja jest wybierana poprzez wewnętrzny rejestr APC układu ISD.
- S6 - przycisk uruchamiania funkcji VOL wejście sygnału  $\overline{VOL}$  - regulacja głośności sygnału audio na wyjściach SP+/- (P3) i AUD/AUX (P2 lub P4). Regulacja jest skokowa, 8-poziomowa. Wartością domyślną (po włączeniu zasilania) jest maksimum. Kolejne impulsy L zmniejszają głośność co 1 poziom aż do wartości minimalnej, po czym ponownie zwiększają skokowo głośność do wartości maksymalnej, itd.
- S7 - przycisk uruchamiania funkcji REC (wejście sygnału  $\overline{REC}$ ) - nagrywanie komunikatów, wyzwalane poziomem.  
Nagrywanie jest inicjowane zboczem HL, trwa przez cały czas utrzymywania się stanu L i kończy się w momencie pojawienia się zbocza LH lub osiągnięcia końca pamięci. W trybie autonomicznym kolejne komunikaty są nagrywane jeden za drugim w sposób sekwencyjny, aż do osiągnięcia końca pamięci. Miejsce w pamięci, od którego rozpoczyna się zapis danego komunikatu jest określone wewnętrznym wskaźnikiem zapisu.  
Adresowany zapis i odtwarzanie komunikatów są dostępne jedynie w trybie SPI.

Przyciśnięcie dowolnego z przycisków S1...S7 powoduje pojawienie się stanu logicznego L na odpowiadającej mu końcówce sterującej układu ISD1700.

- P1 - gniazdo zasilania DC standardu 2,1/5,5 , napięcie zasilania w zakresie 2,4...5,5 V stabilizowane.
- P2 - listwa zaciskowa do podłączenia głośnika  $16\Omega / 0,5W$  - wyjście wzmacniacza analogowego sygnału audio AUD.
- P3 - listwa zaciskowa do podłączenia głośnika  $8\Omega / 1W$  – bezpośrednie różnicowe wyjście komplementarnych sygnałów głośnikowych SP+ i SP- typu PWM (sygnały o modulowanej szerokości impulsu).
- P4 - gniazdo cinch dla wyjściowego analogowego sygnału audio AUX.
- P5 - gniazdo Jack mono dla wejściowego sygnału dźwiękowego z zewnętrznego źródła.
- P6 - złącze sterowania, którego poszczególne linie sygnałowe są połączone równolegle z odpowiednimi przyciskami funkcyjnymi S1...S7.
- P6/1 - wejście sygnału  $\overline{VOL}$  (połączone z S6).
- P6/2 - wejście sygnału  $\overline{FT}$  (połączone z S5).
- P6/3 - wejście sygnału PLAY (połączone z S4).
- P6/4 - wejście sygnału  $\overline{REC}$  (połączone z S7).
- P6/5 - wejście sygnału  $\overline{ERASE}$  (połączone z S3).
- P6/6 - wejście sygnału  $\overline{FWD}$  (połączone z S2).
- P6/7 - wyjście typu „otwarty kolektor” jednego z dwóch sygnałów:
  - w trybie autonomicznym sygnału gotowości RDY, przyjmującego poziom L podczas nagrywania, odtwarzania, kasowania i przeskoku przez komunikaty oraz poziom H w stanie czuwania,
  - w trybie SPI sygnału przerwania  $\overline{INT}$  (stan L) po zakończeniu polecenia SPI.
- P6/8 - wejście sygnału zerowania  $\overline{RESET}$  (połączone z S1).
- P6/9 - masa elektryczna dla sygnałów cyfrowych, (-) zasilania.
- P6/10 - masa elektryczna dla sygnałów cyfrowych, (-) zasilania.
- P7 - złącze interfejsu SPI:
- P7/1 - masa elektryczna dla sygnałów cyfrowych, (-) zasilania.
- P7/2 - linia wyjściowa MISO (Master In Slave Out), dane są wyprowadzane zboczem HL sygnału zegarowego SCLK. Gdy interfejs jest nieaktywny ( $\overline{SS} = H$ ) wyjście jest w stanie wysokiej impedancji.
- P7/3 - linia wejściowa MOSI (Master Out Slave In), dane są wprowadzane zboczem LH sygnału zegarowego SCLK.
- P7/4 - wejście sygnału zegarowego SCLK.
- P7/5 - wejście sygnału  $\overline{SS}$  , uaktywnienie interfejsu w trybie Slave.

J1...J5 - zwieracze do programowania częstotliwości próbkowania (a tym samym górnej częstotliwości pasma) nagrywanego sygnału i zmiany prędkości odtwarzania. Określoną częstotliwość próbkowania uzyskuje się przez zwarcie odpowiedniego zwieracza, przy rozwartych pozostałych zwieraczach. W zależności od wybranej częstotliwości próbkowania uzyskuje się różne łączne czasy nagrań, jakie można wykonać w danej wersji układu ISD1700. Przybliżone wartości tych czasów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1.

Zwieracz	Częstotl. próbkow. [kHz]	Górna częstotl. pasma [kHz]	Maksymalny czas nagrania [s]									
			ISD1730	ISD1740	ISD1750	ISD1760	ISD1790	ISD17120	ISD17150	ISD17180	ISD17210	ISD17240
J1	12	5,1	20	26	33	40	60	80	100	120	140	160
J2	8	3,4	30	40	50	60	90	120	150	180	210	240
J3	6,4	2,7	37	50	62	75	112	150	187	225	262	300
J4	5,3	2,2	45	60	75	90	135	181	226	271	317	362
J5	4	1,7	60	80	100	120	180	240	300	360	420	480

J6 - zwieracz do wyłączania sygnału mikrofonowego podczas nagrywania sygnału dźwiękowego z zewnętrznego źródła:

- zwarty - mikrofon wyłączony,
- rozwarty - mikrofon włączony.

J7 - zwieracz do przełączania rodzaju wyjścia sygnału audio:

- zwarte 1-2 - wzmocniony analogowy sygnał audio AUD jest wyprowadzony na głośnik podłączony do gniazda P2,
- zwarte 2-3 - analogowy sygnał audio AUX jest wyprowadzony na gniazdo P4.

**Uwaga:** AUD/AUX jest wspólną końcówką wyjściową dla obu analogowych sygnałów wyjściowych AUD i AUX (przełączanie jest możliwe tylko w trybie SPI, domyślnie AUD), przy czym AUD jest sygnałem prądowym, a AUX jest sygnałem napięciowym.

LED1 - dioda sygnalizująca stan układu (rodzaj i stan wykonywanej operacji):

- świecenie ciągłe - operacja nagrywania komunikatu,
- błyskanie - operacje odtwarzania, przeskoku przez komunikaty i kasowania oraz sygnalizacja błędu pamięci (tryb błyskania zależy od rodzaju operacji).

LED2 - dioda sygnalizująca stan gotowości układu lub sygnał przerwania:

- świecenie ciągłe - układ jest w stanie aktywności, realizacja dowolnej funkcji,
- brak świecenia - układ jest w trybie czuwania, przy obniżonym poborze prądu.

### 3. ZASADA DZIAŁANIA

Układy ISD1700 umożliwiają nagrywanie dźwięku do wewnętrznej pamięci nieulotnej. Możliwe jest zapisanie 4-ch tzw Efektów Dźwiękowych (SE) oraz określonej liczby niezależnych komunikatów dźwiękowych.

Moduł jest wyposażony w przyciski S1...S7 umożliwiające wymuszenie stanów logicznych L na poszczególnych końcówkach sterujących, a tym samym uruchomienie odpowiednich funkcji układu dostępnych w trybie autonomicznym. Zamiast tych przycisków do sterowania można wykorzystać również zewnętrzne sygnały sterujące o odpowiednich poziomach logicznych L lub H, podane na gniazdo P6. Możliwość pełnego sterowania układami uzyskuje się w trybie SPI, poprzez sygnały interfejsu SPI doprowadzone do gniazda P7.

W dalszym opisie poszczególnych funkcji modułu przyjęto dla uproszczenia, że sterowanie odbywa się za pomocą przycisków.

Obszar pamięci jest podzielony na rzędy, które są najmniejszą adresowalną jednostką pamięci, wyznaczającą rozdzielczość zapisu. Dostęp do pamięci zależy od trybu pracy układów. W trybie autonomicznym (przyciskowym) dostęp jest realizowany automatycznie przez wewnętrzny system zarządzający i nie ma możliwości adresowania pamięci. W trybie SPI uzyskuje się możliwość pełnego adresowania pamięci za pomocą 11-bitowego adresu przesyłanego linią MOSI.

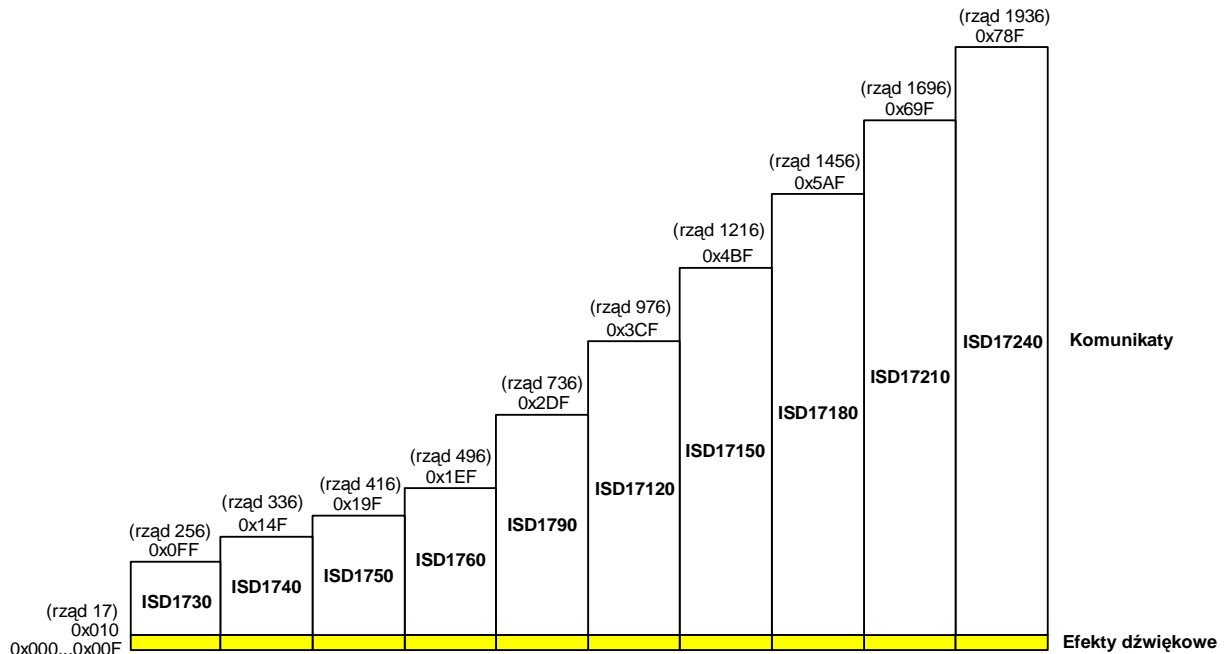
Rozdzielczość zapisu, tzn czas zapisu pojedynczego rzędu pamięci (a tym samym najkrótszego komunikatu), zależy od zastosowanej częstotliwości próbkowania - tabela 2.

Tabela 2.

Częstotliwość próbkowania [kHz]	12	8	6,4	5,3	4
Rozdzielczość zapisu [ms]	83,3	125	156	188	250

Poszczególne układy serii ISD1700 posiadają różną wielkość pamięci i związaną z nią liczbę adresowanych rzędów, a tym samym różny łączny czas nagrań przy określonej częstotliwości próbkowania - tab.1. Na rys.3 przedstawiono zakresy adresowania pamięci dla poszczególnych układów.

Dla 4-ch efektów dźwiękowych zarezerwowano pierwszych 16 rzędów pamięci o adresach 0x000h...0x00Fh, przy czym każdy efekt zajmuje 4 rzędy pamięci. Pozostała pamięć, tzn od adresu 0x010h aż do końca, jest przeznaczona do zapisu komunikatów dźwiękowych (w dalszym opisie litera „h” w zapisie heksadecymalnym będzie pomijana) .



Rys.3. Organizacja pamięci w układach serii ISD1700.

Sposób działania układów zależy od trybu pracy. W trybie autonomicznym (przyciskowym) sterowanie odbywa się poprzez odpowiednią zmianę stanów logicznych na końcówkach sterujących RESET, FWD, ERASE, REC, PLAY, FT, VOL. W tym czasie interfejs SPI powinien być wyłączony (P7/5 niepodłączony, tzn P7/5=H). W tym trybie układ wykorzystuje mechanizm automatycznej konfiguracji wewnętrznych połączeń dla sygnału audio, w zależności od realizowanej funkcji oraz wykorzystuje wbudowany protokół cyrkulacyjnego zarządzania zapisem komunikatów.

W trybie autonomicznym układ realizuje sekwencyjny (bezaadresowy) zapis komunikatów (REC), odtwarzanie (PLAY), kasowanie (ERASE) i przeskoku przez komunikaty (FWD). Podczas nagrywania kolejne komunikaty są zapisywane jeden za drugim, bez konieczności określania ich adresów. Każdy komunikat zajmuje co najmniej 1 rząd pamięci, zatem maksymalna liczba możliwych do zapisania w ten sposób niezależnych komunikatów, równa liczbie rzędów pamięci, zależy od typu zastosowanego układu (rys.3). W podobny sposób można zapisać 4 niezależne efekty dźwiękowe.

Protokół cyrkulacyjnego zarządzania pamięcią steruje rozmieszczaniem zapisywanych komunikatów, ich kasowaniem i odtwarzaniem. Do tego celu są wykorzystywane 3 wewnętrzne wskaźniki pamięci:

- wskaźnik zapisu - wskazuje miejsce, od którego rozpocznie się następny zapis (pierwszy rząd pamięci po ostatnio nagrany komunikacie lub pierwszy rząd w miejscu ostatnio skasowanego komunikatu),
- wskaźnik odtwarzania - wskazuje pierwszy rząd bieżącego komunikatu do odtwarzania (ostatnio nagrany lub wskazywany w wyniku działania funkcji przeskoku FWD),
- wskaźnik kasowania - działa współbieżnie ze wskaźnikiem odtwarzania i sygnalizuje możliwość skasowania danego komunikatu (musi on być pierwszym lub ostatnim w pamięci).

Przed wykonaniem każdej funkcji związanej z dostępem do pamięci protokół dokonuje sprawdzenia bieżącej struktury pamięci pod kątem zgodności z tym protokołem. W przypadku wykrycia niezgodności dioda LED1 błyska 7 razy, a układ przestaje realizować swoje funkcje, za wyjątkiem zerowania i globalnego kasowania. Jedynym sposobem na wyprowadzenie go z tego stanu jest wykonanie kasowania globalnego. W tym celu należy wcisnąć i przytrzymać przez określony czas przycisk ERASE. Dioda LED1 błyska 7 razy, po czym następuje kasowanie zawartości całej pamięci. Czas ten jest zależny od częstotliwości próbkowania i dla częstotliwości równej 8 kHz wynosi ok. 12 s. W przypadku innych częstotliwości próbkowania czas ten będzie odpowiednio dłuższy, bądź krótszy.

Protokół cyrkulacyjnego zarządzania pamięcią działa tylko w obszarze, gdzie są zapisywane komunikaty, tzn od adresu 0x010 do końca pamięci, natomiast nie działa w obszarze efektów dźwiękowych.

Zamiast przycisków S1...S7 do sterowania można wykorzystać również zewnętrzne sygnały sterujące o odpowiednim poziomie logicznym, podane na gniazdo P6.

W trybie SPI sterowanie odbywa się przez 4-przewodowy interfejs szeregowy. Realizowane są polecenia analogiczne do funkcji sterujących w trybie autonomicznym, a dodatkowo istnieje możliwość modyfikowania wewnętrznych połączeń dla sygnału audio (konfiguracja ścieżki analogowej) oraz możliwość adresowania wewnętrznej pamięci dźwięku w celu realizacji adresowanego zapisu i odtwarzania. Więcej informacji na temat tego trybu znajduje się w rozdziale 5.

Konfiguracja ścieżki analogowej, określająca sposób działania układu, jest zapisywana w wewnętrznej rejestrze APC, którego zawartość może być odczytywana i modyfikowana jedynie w trybie SPI. Wartość początkowa rejestru jest do niego wpisywana automatycznie z pamięci nieulotnej zawierającej ustawienia fabryczne. Odbywa się to zawsze po włączeniu zasilania lub w wyniku realizacji funkcji zerowania RESET. Ustawienia fabryczne są następujące:

- nagrywanie sygnału z wejść mikrofonowych MIC,
- funkcja FT działa na sygnał z wejścia audio ANAIN (gniazdo P5),
- odtwarzanie tylko sygnału zapisanego w pamięci,
- włączony dostęp do efektów dźwiękowych SE,
- głośność odtwarzania maksymalna,
- włączone wyjście głośnikowe PWM oraz prądowe wyjście analogowe audio AUD.

#### 4. FUNKCJE REALIZOWANE W TRYBIE AUTONOMICZNYM (PRZYCISKOWYM)

W tym trybie pracy uruchamianie poszczególnych funkcji układu odbywa się za pomocą wbudowanych przycisków S1...S7, których wciśnięcie powoduje wymuszenie stanu logicznego L na odpowiednich końcówkach sterujących układu ISD1700. Interfejs SPI powinien być zablokowany, tzn na końcówce gniazda P1/5 powinien występować stan H, który uzyskuje się przy niepodłączonym wejściu (ze względu na wewnętrzny rezystor podciągający).

Po włączeniu zasilania następuje automatyczne zerowanie układu, a wskaźniki zapisu i odtwarzania przyjmują następujące położenie:

- jeżeli w pamięci nie ma żadnych nagranych komunikatów oba wskaźniki są ustawione na początku obszaru pamięci przeznaczonego do tego celu, tzn na początku 17-go rzędu,
- jeżeli są nagrane komunikaty wskaźnik zapisu wskazuje na następny dostępny rząd za ostatnim komunikatem w pamięci, a wskaźnik odtwarzania wskazuje na początek ostatnio zapisanego komunikatu.

Po każdej operacji zapisu wskaźnik zapisu jest przesuwany do następnego dostępnego rzędu pamięci, natomiast bieżące położenie wskaźnika odtwarzania jest uzależnione od wykonywanych operacji zapisu i przeskoku.

Powyższe uwagi dotyczą tylko obszaru pamięci przeznaczonego dla komunikatów dźwiękowych, natomiast w przypadku efektów dźwiękowych obowiązują zasady opisane poniżej.

##### 4.1. Efekty dźwiękowe (SE)

Efekty dźwiękowe zajmują pierwszych 16 rzędów pamięci i mogą być osiągnięte poprzez odpowiednie operacje na końcówkach sterujących. Możliwe są 4 efekty dźwiękowe oznaczone jako SE1, SE2, SE3, SE4, z których każdy zajmuje 4 rzędy pamięci. Są zapisane sekwencyjnie w pamięci, a czas trwania każdego z nich zależy od zastosowanej częstotliwości próbkowania, zgodnie z tabelą 3.

Tabela 3.

Częstotliwość próbkowania [kHz]	12	8	6,4	5,3	4
Czas trwania efektu dźwiękowego [s]	0,33	0,5	0,625	0,75	1

Efekty dźwiękowe mogą być zapisywane przez użytkownika podobnie jak komunikaty, tzn jako dowolne sygnały dźwiękowe. Są wykorzystywane jako wskaźniki dźwiękowe służące do sygnalizacji statusu następujących funkcji realizowanych przez układ.

- SE1: rozpoczęcie nagrywania, przeskoku do następnego komunikatu lub globalnego kasowania.
- SE2: zakończenie nagrywania, kasowania indywidualnego komunikatu lub przeskoku z ostatniego komunikatu.
- SE3: nieprawidłowa operacja kasowania.
- SE4: pomyślne zakończenie globalnego kasowania.



Dostęp do poszczególnych efektów dźwiękowych jest dodatkowo sygnalizowany błyskaniem diody LED1, przy czym liczba błysków jest równa numerowi danego efektu (1, 2, 3, 4), a okres błysków zależy od tego, czy dany efekt jest nagrany, czy nie. Jeżeli żaden efekt nie jest nagrany to okresy błysków wynoszą odpowiednio  $T_{LS1}$ ,  $T_{LS2}$ ,  $T_{LS3}$  i  $T_{LS4}$ . Jeżeli natomiast efekty są nagrane, to podczas realizacji danej funkcji błyska dioda LED1 (okresy błysków wynoszą odpowiednio  $T_{SE1}$ ,  $T_{SE2}$ ,  $T_{SE3}$  i  $T_{SE4}$ ) i jednocześnie jest odtwarzany efekt dźwiękowy przypisany do tej funkcji. Okresy błysków zależą od wybranej częstotliwości próbkowania i są ograniczone do czasu trwania nagrań poszczególnych efektów. Odpowiednie wartości tych parametrów można znaleźć w dokumentacji firmowej układów serii ISD1700.

#### 4.1.1. Wejście w tryb efektów dźwiękowych

- Wcisnąć i przytrzymać przez minimum 3 s przycisk funkcyjny FWD ( $\overline{FWD} = L$ ). Dioda LED1 błysnie zwykle 1 raz i zostanie odtworzony pierwszy efekt dźwiękowy (jeżeli wcześniej został nagrany). Jedynie w sytuacji, gdy wewnętrzny wskaźnik odtwarzania znajduje się na ostatnim komunikacie lub gdy pamięć jest pusta dioda LED1 błysnie 2 razy i zostanie odtworzony drugi efekt dźwiękowy (jeżeli wcześniej został nagrany).
- Podczas wciśnięcia przycisku FWD wcisnąć i przytrzymać przycisk REC ( $\overline{REC} = L$ ) aż LED1 błysnie 1 raz.
- Ponowne błysnięcie LED1 wskazuje, że układ jest w trybie efektów dźwiękowych. Pierwszym dostępnym efektem jest SE1.

#### 4.1.2. Edycja efektów dźwiękowych

- Po wejściu w tryb efektów dźwiękowych jest możliwość ich nagrywania, odtwarzania i kasowania.
- Każde krótkie przyciśnięcie przycisku FWD (krótki impuls L) powoduje przeskok do następnego efektu dźwiękowego i możliwość jego edycji. Zakończenie takiego przeskoku jest sygnalizowane odpowiednią liczbą błysków 1...4, aby wskazać, który efekt dźwiękowy został uaktywniony. Jeżeli FWD zostanie wciśnięty w stanie aktywności efektu SE4, to nastąpi przeskok do efektu SE1 i jego uaktywnienie, a LED1 błysnie 1 raz.
- Aby nagrać dany efekt należy wcisnąć i przytrzymać przycisk REC. Nagranie trwa przez cały czas wciśnięcia przycisku. Do nagrania może być wykorzystany albo sygnał z wbudowanego mikrofonu M1, albo sygnał z zewnętrznego źródła, podany na gniazdo P5.
- W celu odtworzenia danego efektu należy wcisnąć na krótko przycisk PLAY (krótki impuls L), a w celu jego skasowania wcisnąć na krótko przycisk ERASE.
- Podczas błyskania diody LED1 układ ignoruje wprowadzane polecenia, zatem przed rozpoczęciem każdej operacji zapisu, odtwarzania, kasowania i przeskoku należy poczekać, aż dioda przestanie błyskać.

#### 4.1.3. Wyjście z trybu efektów dźwiękowych

- Wcisnąć i przytrzymać przez przycisk funkcyjny FWD tak długo, aż dioda LED1 przestanie błyskać i bieżący efekt dźwiękowy zostanie odtworzony (jeżeli był nagrany). Następnie wcisnąć i przytrzymać przycisk REC, aż LED1 błysnie 2 razy i odtworzony zostanie efekt SE2 (jeżeli był nagrany). W tym momencie układ wychodzi z trybu efektów dźwiękowych.

### 4.2. Nagrywanie komunikatów (REC)

Funkcja ta, uruchamiana przyciskiem REC lub sygnałem o poziomie L na gnieździe P6/4, umożliwia sekwencyjne nagrywanie niezależnych komunikatów. Łączny czas nagrań zależy od typu zastosowanego układu ISD1700. Do nagrania może być wykorzystywany albo sygnał z wbudowanego mikrofonu M1, albo sygnał z zewnętrznego źródła, podany na gniazdo P5.

- Wciśnięcie i przytrzymanie przycisku REC ( $\overline{REC} = L$ ) rozpoczyna nagrywanie komunikatu od rzędu pamięci wskazywanego przez wskaźnik zapisu i trwa do momentu puszczenia przycisku ( $\overline{REC} = H$ ) lub do momentu osiągnięcia końca pamięci. Po zakończeniu nagrania gaśnie LED1 a wskaźnik zapisu jest przesuwany do następnego dostępnego rzędu pamięci za ostatnio zapisanym komunikatem.

Jeżeli pamięć układu zostanie wypełniona to nagranie kolejnego komunikatu będzie możliwe dopiero po skasowaniu któregoś z istniejących. Należy także pamiętać, że jeżeli w trakcie nagrywania zostanie wyłączone zasilanie, to cyrkulacyjna architektura pamięci ulegnie zaburzeniu i układ wejdzie w stan blokady. Podczas następnego włączenia ten błąd będzie zasygnalizowany błysnięciem 7 razy diody LED1. Z tego stanu układ można wyprowadzić tylko poprzez globalne kasowanie pamięci.

Operacja nagrywania jest sygnalizowana diodą LED1, a ponadto są z nią skojarzone efekty dźwiękowe SE1 i SE2, zgodnie z poniższymi zasadami.

Po wciśnięciu przycisku REC:

- Jeżeli SE1 nie jest nagrany dioda LED1 zapala się i świeci w sposób ciągły.
- Jeżeli SE1 jest nagrany, to LED1 błyska i jednocześnie jest odtwarzany efekt SE1 (patrz pkt 4.1), a następnie rozpoczyna się operacja nagrywania i LED1 świeci w sposób ciągły. Okres, przez który dioda błyska zależy od czasu trwania nagranych efektów SE1 ( $T_{SE1}$ ).

Po wyłączeniu przycisku REC lub osiągnięciu końca pamięci:

- Jeżeli SE2 nie jest nagrany, dioda LED1 gaśnie natychmiast, sygnalizując zakończenie operacji nagrywania.
- Jeżeli SE2 jest nagrany, to LED1 błyska i jednocześnie jest odtwarzany efekt SE2 (patrz pkt 4.1), a następnie dioda gaśnie, sygnalizując zakończenie operacji nagrywania. Okres, przez który dioda błyska zależy od czasu trwania nagranych efektów SE2 ( $T_{SE2}$ ).

Uruchomienie nagrywania podczas trwania odtwarzania, kasowania lub przeskoku jest działaniem nielegalnym i jest ignorowane.

### 4.3. Odtwarzanie komunikatów (PLAY)

Funkcja ta, uruchamiana przyciskiem PLAY lub impulsem L (sygnałem o poziomie L) na gnieździe P6/3, umożliwia odtwarzanie sekwencyjnie zapisanych komunikatów. Możliwe są 2 tryby odtwarzania: wyzwalanie zboczem lub odtwarzanie w pętli.

#### 4.3.1. Odtwarzanie wyzwalane zboczem

- Wcisnąć na krótko przycisk PLAY (krótki impuls L w sygnale  $\overline{\text{PLAYE}}$ , aktywne zbocze  $\overline{\text{PLAYE}}=\text{HL}$ ). Rozpoczyna się odtwarzanie bieżącego komunikatu, tzn tego, na który wskazuje wskaźnik odtwarzania. W tym czasie błyska dioda LED1. Odtwarzanie kończy się z chwilą osiągnięcia końca komunikatu, a wskaźnik odtwarzania wraca na początek komunikatu.
- Ponowne krótkie wciśnięcie PLAY (kolejny impuls L) po zakończeniu odtwarzania powoduje rozpoczęcie odtwarzania tego samego komunikatu od początku.
- Krótkie wciśnięcie PLAY w trakcie odtwarzania powoduje natychmiastowe przerwanie tej operacji i powrót wskaźnika odtwarzania na początek komunikatu (metoda start-stop).

Aby w tym trybie został odtworzony tylko bieżący komunikat, czas trwania impulsu L (wciśnięcia przycisku PLAY) musi być krótszy od czasu trwania tego komunikatu. W przeciwnym razie po odtworzeniu bieżącego komunikatu rozpocznie się odtwarzanie następnego komunikatu w pamięci, a po jego zakończeniu wskaźnik odtwarzania przesunie się na początek tego drugiego komunikatu. W ten sposób można w określonych warunkach uzyskać odtwarzanie ciągłe, opisane poniżej.

#### 4.3.2. Odtwarzanie w pętli

- Wcisnąć i przytrzymać przycisk PLAY ( $\overline{\text{PLAYE}}=\text{L}$ ). Tak długo póki ten stan będzie utrzymywany, układ będzie odtwarzał po kolei wszystkie komunikaty (realizując automatycznie operacje przeskoku), począwszy od bieżącego, aż do komunikatu poprzedzającego bieżący i dalej ten cykl będzie powtarzany. Jest to odtwarzanie wszystkich komunikatów w tzw pętli. W trakcie odtwarzania błyska dioda LED1.
- Jeżeli żaden z efektów dźwiękowych SE1 i SE2 nie jest nagrany, to ze względu na realizowaną operację przeskoku, po odtworzeniu danego komunikatu (za wyjątkiem ostatniego w pamięci), dioda LED1 błyska raz z okresem  $T_{LS1}$ . Po ostatnim komunikacie LED1 błyska 2 razy z okresem  $T_{LS2}$ .
- Jeżeli oba efekty dźwiękowe SE1 i SE2 są nagrane, to ze względu na realizowaną operację przeskoku, po odtworzeniu danego komunikatu (za wyjątkiem ostatniego w pamięci) układ odtwarza efekt SE1 i jednocześnie błyska LED1. Następnie układ przechodzi do odtwarzania następnego komunikatu i błyska LED1. Natomiast po odtworzeniu ostatniego komunikatu, z powodu przeskoku układ odtwarza efekt SE2 przy błyskającej diodzie, a następnie rozpoczyna się odtwarzanie pierwszego komunikatu w pamięci i dalej proces powtarza się.

Uruchomienie odtwarzania podczas trwania nagrywania, kasowania lub przeskoku jest działaniem nielegalnym i jest ignorowane.

### 4.4. Przeskok przez komunikaty (FWD)

Funkcja ta, uruchamiana przyciskiem FWD lub impulsem L na gnieździe P6/6, powoduje przesunięcie wskaźnika odtwarzania na początek następnego komunikatu. Umożliwia to wyszukiwanie dowolnego komunikatu spośród wielu zapisanych sekwencyjnie. Jest do tego potrzebna jedynie znajomość, którym w kolejności komunikatem jest poszukiwany. Operacja ta odbywa się w sposób cyrkulacyjny, tzn gdy wskaźnik odtwarzania osiągnie ostatni komunikat w pamięci, to w następnej kolejności zostanie przesunięty na początek pierwszego komunikatu, itd.

- Wcisnąć na krótko przycisk FWD (aktywne zbocze  $\overline{\text{FWD}}=\text{HL}$ ). Wskaźnik odtwarzania zostaje przeniesiony na początek następnego komunikatu, który od tego momentu jest komunikatem bieżącym.
- Jeżeli układ jest w trybie czuwania (nie jest realizowana żadna operacja), a wskaźnik odtwarzania nie wskazuje na ostatni komunikat, to w wyniku zadziałania funkcji FWD:
  - wskaźnik zostanie przesunięty na początek następnego komunikatu,
  - jeżeli efekt SE1 nie jest nagrany dioda LED1 błysnie raz z okresem  $T_{\text{LS1}}$ ,
  - jeżeli SE1 jest nagrany, to zostanie odtworzony, a dioda LED1 błysnie raz z okresem  $T_{\text{LS1}}$ , ograniczonym do czasu trwania  $T_{\text{SE1}}$  tego efektu.
- Jeżeli układ jest w trybie czuwania, a wskaźnik odtwarzania wskazuje na ostatni komunikat, to w wyniku zadziałania funkcji FWD:
  - wskaźnik zostanie przesunięty na początek pierwszego komunikatu,
  - jeżeli efekt SE2 nie jest nagrany dioda LED1 błysnie 2 razy z okresem  $T_{\text{LS2}}$ ,
  - jeżeli SE2 jest nagrany, to zostanie odtworzony, a dioda LED1 błysnie 2 razy z okresem  $T_{\text{LS2}}$ , ograniczonym do czasu trwania  $T_{\text{SE2}}$  tego efektu.
- Jeżeli układ jest w trakcie odtwarzania komunikatu, który nie jest ostatnim, to w wyniku zadziałania funkcji FWD:
  - odtwarzanie zostanie przerwane,
  - wskaźnik odtwarzania zostanie przesunięty na początek następnego komunikatu,
  - jeżeli efekt SE1 nie jest nagrany dioda LED1 błysnie raz z okresem  $T_{\text{LS1}}$ ,
  - jeżeli SE1 jest nagrany, to zostanie odtworzony, a dioda LED1 błysnie raz z okresem  $T_{\text{LS1}}$ , ograniczonym do czasu trwania  $T_{\text{SE1}}$  tego efektu,
  - zostanie odtworzony wskazywany komunikat, a dioda LED1 będzie w tym czasie błyskać.
- Jeżeli układ jest w trakcie odtwarzania ostatniego komunikatu, to w wyniku zadziałania funkcji FWD:
  - odtwarzanie zostanie przerwane,
  - wskaźnik odtwarzania zostanie przesunięty na początek pierwszego komunikatu,
  - jeżeli efekt SE2 nie jest nagrany dioda LED1 błysnie 2 razy z okresem  $T_{\text{LS2}}$ ,
  - jeżeli SE2 jest nagrany, to zostanie odtworzony, a dioda LED1 błysnie 2 razy z okresem  $T_{\text{LS2}}$ , ograniczonym do czasu trwania  $T_{\text{SE2}}$  tego efektu,
  - zostanie odtworzony pierwszy komunikat, a dioda LED1 będzie w tym czasie błyskać.

Uruchomienie operacji przeskoku podczas trwania nagrywania lub kasowania jest działaniem nielegalnym i jest ignorowane.

#### 4.5. Kasowanie komunikatów (ERASE)

Funkcja ta, uruchamiana przyciskiem ERASE lub impulsem L (sygnałem o poziomie L) na gnieździe P6/5, może być dwojakiego rodzaju: albo kasowanie indywidualnych komunikatów, albo całej pamięci.

##### 4.5.1. Kasowanie indywidualnych komunikatów

W tym trybie jest możliwe kasowanie jedynie pierwszego lub ostatniego komunikatu w pamięci i tylko wtedy, gdy wskaźnik odtwarzania wskazuje na jeden z nich. Indywidualne kasowanie w trybie autonomicznym pozostałych komunikatów nie jest możliwe. Wciśnięcie na krótko przycisku ERASE (krótki impuls L w sygnale  $\overline{\text{ERASE}}$ , aktywne zbocze  $\overline{\text{ERASE}}=\text{HL}$ ) powoduje różną reakcję układu, zależnie od jego aktualnego statusu i od bieżącego położenia wskaźnika odtwarzania.

- Jeżeli układ jest w trybie czuwania, a wskaźnik odtwarzania wskazuje na pierwszy (lub ostatni) komunikat, to wtedy:
  - gdy efekt SE2 nie jest nagrany, to dioda LED1 błysnie 2 razy z okresem  $T_{\text{LS2}}$ , a pierwszy (lub ostatni) komunikat zostanie skasowany,
  - gdy efekt SE2 jest nagrany, to zostanie on odtworzony, dioda LED1 błysnie 2 razy z okresem  $T_{\text{LS2}}$ , a pierwszy (lub ostatni) komunikat zostanie skasowany.
  - nastąpi przesunięcie wskaźnika odtwarzania do nowego pierwszego komunikatu, który poprzednio był drugim (lub do nowego ostatniego komunikatu, który poprzednio był przedostatnim).
- Jeżeli układ jest w trybie czuwania, a wskaźnik odtwarzania wskazuje na inny, niż pierwszy lub ostatni komunikat, to wtedy:

- gdy efekt SE3 nie jest nagrany, to dioda LED1 błysnie 3 razy z okresem  $T_{LS3}$  i żaden komunikat nie zostanie skasowany,
- gdy efekt SE3 jest nagrany, to zostanie on odtworzony, dioda LED1 błysnie 3 razy z okresem  $T_{LS3}$  i żaden komunikat nie zostanie skasowany,
- położenie wskaźnika odtwarzania pozostanie bez zmian.
- Jeżeli układ jest w trakcie odtwarzania pierwszego (lub ostatniego) komunikatu, to wtedy:
  - odtwarzanie zostanie przerwane,
  - odtwarzany komunikat zostanie skasowany wg pierwszego scenariusza opisanego wcześniej.
- Jeżeli układ jest w trakcie odtwarzania dowolnego komunikatu, który nie jest pierwszym ani ostatnim, to wtedy:
  - odtwarzanie zostanie przerwane,
  - zostaną zrealizowane procedury wg drugiego scenariusza opisanego wcześniej.

Uruchomienie kasowania indywidualnych komunikatów podczas trwania nagrywania lub przeskoku jest działaniem nielegalnym i jest ignorowane. Natomiast uruchomienie kasowania podczas odtwarzania komunikatu spowoduje jego skasowanie, ale tylko w przypadku, gdy jest on pierwszym lub ostatnim komunikatem.

#### 4.5.2. Globalne kasowanie wszystkich komunikatów

Funkcja ta jest wyzwalana poziomem. Wciśnięcie przycisku ERASE na czas ok. 2,5 s ( $\overline{\text{ERASE}}=L$ ) powoduje zainicjowanie operacji globalnego kasowania, a dalsze utrzymywanie go w tym stanie powoduje skasowanie wszystkich komunikatów, za wyjątkiem efektów specjalnych. Układ reaguje w różny sposób, zależnie od swojego aktualnego stanu.

- Jeżeli efekty dźwiękowe nie są nagrane:
  - w przypadku, gdy bieżącym komunikatem jest pierwszy lub ostatni, to po wciśnięciu ERASE dioda LED1 najpierw błysnie 2 razy z okresem  $T_{LS2}$ , sygnalizując, że komunikat jest kasowany, natomiast gdy bieżącym komunikatem jest inny niż pierwszy lub ostatni LED1 błysnie 3 razy z okresem  $T_{LS3}$ , sygnalizując, że komunikat nie jest kasowany,
  - w przypadku dalszego utrzymywania przycisku ERASE w stanie wciśniętym dłużej niż 2,5 s dioda LED1 błysnie 7 razy, sygnalizując proces kasowania wszystkich komunikatów,
  - jeżeli przycisk ERASE zostanie zwolniony ( $\overline{\text{ERASE}}=H$ ) wcześniej, niż LED1 błysnie 3 razy, to kasowanie zostanie anulowane - w przeciwnym razie kasowanie będzie wykonane do końca.
- Jeżeli efekty dźwiękowe są nagrane:
  - w przypadku, gdy bieżącym komunikatem jest pierwszy lub ostatni, to po wciśnięciu ERASE zostanie odtworzony efekt SE2, a dioda LED1 błysnie 2 razy z okresem  $T_{LS2}$ , sygnalizując, że komunikat jest kasowany, natomiast gdy bieżącym komunikatem jest inny niż pierwszy lub ostatni zostanie odtworzony efekt SE3, a LED1 błysnie 3 razy z okresem  $T_{LS3}$ , sygnalizując, że komunikat nie jest kasowany,
  - w przypadku dalszego utrzymywania przycisku ERASE w stanie wciśniętym dłużej niż 2,5 s zostanie odtworzony 3 razy efekt SE1, a dioda LED1 będzie błyskać - jest to sygnał ostrzeżenia, że po zakończeniu odtwarzania SE1 rozpocznie się globalne kasowanie.
  - jeżeli przycisk ERASE zostanie zwolniony przed zakończeniem trzeciego odtwarzania SE1, globalne kasowanie zostanie anulowane - w przeciwnym razie kasowanie będzie kontynuowane do końca, a po jego wykonaniu zostanie odtworzony efekt SE4 przy jednoczesnym błyskaniu LED1.

Należy pamiętać, że jeżeli w trakcie kasowania zostanie wyłączone zasilanie, to (podobnie jak przy nagrywaniu) ulegnie zaburzeniu cyrkulacyjna architektura pamięci i układ wejdzie w stan blokady. Podczas następnego włączenia ten błąd będzie zasygnalizowany błysnięciem 7 razy diody LED1. Z tego stanu układ można wyprowadzić tylko poprzez globalne kasowanie pamięci.

#### 4.6. Zerowanie układu (RESET)

Funkcja ta, uruchamiana poziomem za pomocą przycisku RESET ( $\overline{\text{RESET}}=L$ ) lub sygnałem o poziomie L na gnieździe P6/8, powoduje ogólne zerowanie układu bez kasowania zapisanych komunikatów. Po jej wykonaniu układ przechodzi do trybu czuwania i przesuwają wskaźniki zapisu i odtwarzania na ostatni komunikat.

#### 4.7. Regulacja głośności (VOL)

Funkcja ta, uruchamiana przyciskiem VOL lub impulsem L na gnieździe P6/1, powoduje cyrkulacyjną zmianę głośności sygnałów akustycznych na wyjściach głośnikowych SP+/SP- i na wyjściu audio AUD/AUX układu ISD (a tym samym na gnieździe P2). Regulacja jest 8-stopniowa, a każdy stopień odpowiada zmianie poziomu głośności o 4 dB. Domyślnym poziomem głośności po włączeniu zasilania lub po zerowaniu układu jest maksimum.

- Każde krótkie wciśnięcie przycisku VOL (aktywne zbocze  $\overline{\text{VOL}}=\text{HL}$ ) powoduje obniżenie głośności o jeden stopień, aż do osiągnięcia poziomu minimum.
- Po osiągnięciu minimum każde kolejne wciśnięcie VOL powoduje wzrost głośności o jeden stopień, aż do osiągnięcia maksimum i dalej proces się powtarza.

#### 4.8. Tryb wzmacniacza bezpośredniego (FT)

Funkcja ta, uruchamiana przyciskiem FT lub sygnałem o poziomie L na gnieździe P6/2, w trybie autonomicznym powoduje skonfigurowanie toru analogowego jako bezpośredniego wzmacniacza wejściowego sygnału akustycznego z gniazda P5 na wyjścia głośnikowe i audio.

- Wciśnięcie i przytrzymanie przycisku FT ( $\overline{\text{FT}}=\text{L}$ ) powoduje uaktywnienie trybu wzmacniacza bezpośredniego i przeniesienie sygnału akustycznego podanego na wejście ANAIN układu ISD1700 (z gniazda P5) bezpośrednio na wyjścia SP+/SP- i AUD/AUX w czasie, gdy układ jest w stanie bezczynności.
- W sytuacji, gdy układ jest w trakcie nagrywania, uruchomienie funkcji FT spowoduje przejście do trybu nagrywania sygnału podanego na wejście ANAIN (gniazdo P5).

#### 4.9. Alarm nagrania (vAlert)

Jest to opcjonalna funkcja sygnalizacyjna powodująca, że po wykonaniu operacji nagrywania komunikatu, gdy układ wejdzie tryb czuwania, dioda LED1 błyska co kilka sekund, sygnalizując obecność nowego komunikatu. Wyjście układu z trybu czuwania poprzez uruchomienie dowolnej operacji, powoduje wyłączenie tej sygnalizacji i powrót do normalnego trybu.

Układy, w których ta funkcja jest dostępna mają oznaczenie ISD1700...01.

### 5. TRYB PRACY Z INTERFEJSEM SZEREGOWYM SPI

Sterowanie układami ISD1700 może być także realizowane za pomocą 4-przewodowego interfejsu szeregowego SPI, przy czym układ pracuje wtedy jako urządzenie „slave”, a urządzeniem „master” jest np mikrokontroler. W tym trybie są realizowane polecenia będące odpowiednikami funkcji dostępnych w trybie autonomicznym (za pomocą przycisków), a dodatkowo istnieje możliwość adresowania wewnętrznej pamięci dźwięku układów ISD w celu realizacji adresowanego nagrywania i odtwarzania. Uzyskuje się także dostęp do wewnętrznego rejestru konfiguracyjnego APC (rozdz. 3.), który daje możliwość m.in. modyfikowania wewnętrznych połączeń dla sygnału audio (konfiguracja ścieżki analogowej, niezależnie dla wejściowego sygnału do nagrania i sygnału odtwarzanego) oraz uaktywniania bądź blokowania pewnych funkcji.

Zastosowany protokół transmisji danych wymaga, aby dane z rejestrów przesuwanych SPI mikrokontrolera były wyprowadzane opadającym zboczem HL sygnału zegarowego SCLK. Ogólne zasady transmisji SPI w układach ISD1700 są opisane poniżej.

- Interfejs SPI jest inicjalizowany zboczem HL sygnału  $\overline{\text{SS}}$  (końcówka P7/5). Sygnał ten musi być utrzymywany w stanie L przez cały czas trwania procesu transmisji danych.
- Dane są wprowadzane do układu ISD1700 przez linię MOSI (końcówka P7/3), narastającym zboczem LH sygnału zegarowego SCLK (końcówka P7/4), a wyprowadzane z układu linią MISO (końcówka P7/2) na opadającym zboczu HL sygnału SCLK, począwszy od najmniej znaczącego bitu (LSB).
- Przesyłanie danych do/z układu odbywa się za pomocą słów 7-bajtowych zawierających rozkaz, dane i bajty adresowe, zależnie od typu rozkazu.
- W czasie, gdy dane sterujące i adresowe są wprowadzane do układu linią MOSI, rejestr statusowy i bieżący adres rzędu pamięci są jednocześnie wyprowadzane z układu linią MISO.
- Przesyłanie danych kończy się wraz z narastającym zboczem LH sygnału  $\overline{\text{SS}}$ .
- Po zakończeniu transmisji SPI jest generowany sygnał przerwania na wyjściu  $\overline{\text{INT}}/\text{RDY}$  (końcówka P6/7).

Adresowanie pamięci odbywa się w kodzie binarnym za pomocą 11-bitowego adresu przesyłanego linią MOSI według zasady przedstawionej w tabeli 4. Cyfrze binarnej 0 odpowiada stan logiczny L, a cyfrze binarnej 1 stan H. Należy pamiętać, że wyznaczony adres wskazuje zawsze rząd pamięci, od którego rozpoczyna się operacja nagrywania lub odtwarzania. Dalsze wewnętrzne adresowanie kolejnych komórek pamięci odbywa się automatycznie, poprzez wewnętrzne wskaźniki pamięci. Adresowanie komunikatów rozpoczyna się od rzędu 17-go, tzn od adresu 0x010 (binarnie 0000010000), gdyż pierwszych 16 rzędów jest zarezerwowanych dla efektów dźwiękowych nagrywanych w sposób opisany wcześniej.

Tabela 4.

Nr dziesiętny rzędu pamięci	Adres heksadec.	Adres binarny	Czas początku operacji [s] przy danej częstotliwości próbkowania:				
			12 kHz	8 kHz	6,4 kHz	5,3 kHz	4 kHz
17	0x010	00000010000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
18	0x011	00000010001	0,083	0,125	0,156	0,188	0,25
19	0x012	00000010010	0,166	0,250	0,312	0,376	0,50
...	...	...	...	...	...	...	...
256 (ostatni rząd ISD1730)	0x0FF	00011111111	19,908	29,875	37,344	45,094	59,75
257	0x100	00100000000	20,000	30,000	37,500	45,283	60,00
...	...	...	...	...	...	...	...
336 (ostatni rząd ISD1740)	0x14F	00101001111	26,573	39,875	49,844	60,188	79,75
337	0x150	00101010000	26,656	40,000	50,000	60,377	80,00
...	...	...	...	...	...	...	...
416 (ostatni rząd ISD1750)	0x19F	00110011111	33,237	49,875	62,344	75,283	99,75
417	0x1A0	00110100000	33,320	50,000	62,500	75,471	100,00
...	...	...	...	...	...	...	...
496 (ostatni rząd ISD1760)	0x1EF	00111101111	39,901	59,875	74,844	90,377	119,75
497	0x1F0	00111110000	39,984	60,000	75,000	90,566	120,00
...	...	...	...	...	...	...	...
736 (ostatni rząd ISD1790)	0x2DF	01011011111	59,893	89,875	112,344	135,660	179,75
737	0x2E0	01011100000	59,976	90,000	112,500	135,849	180,00
...	...	...	...	...	...	...	...
976 (ostatni rząd ISD17120)	0x3CF	01111001111	79,885	119,875	149,844	180,943	239,75
977	0x3D0	01111010000	79,968	120,000	150,000	181,132	240,00
...	...	...	...	...	...	...	...
1216 (ostatni rząd ISD17150)	0x4BF	10010111111	99,877	149,875	187,344	226,226	299,75
1217	0x4C0	10011000000	99,960	150,000	187,500	226,415	300,00
...	...	...	...	...	...	...	...
1456 (ostatni rząd ISD17180)	0x5AF	10110101111	119,869	179,875	224,844	271,509	359,75
1457	0x5B0	10110110000	119,952	180,000	225,000	271,698	360,00
...	...	...	...	...	...	...	...
1696 (ostatni rząd ISD17210)	0x69F	11010011111	139,861	209,875	262,344	316,792	419,75
1697	0x6A0	11010100000	139,944	210,000	262,500	316,981	420,00
...	...	...	...	...	...	...	...
1936 (ostatni rząd ISD17240)	0x78F	11110001111	159,853	239,875	299,844	362,075	479,75

Ze względu na zastosowany protokół cyrkulacyjnego zarządzania nagrywaniem komunikatów należy w trybie SPI przestrzegać następujących zasad:

- rozmieszczenie komunikatów nagrywanych w trybie SPI metodą adresową musi odpowiadać cyrkulacyjnej strukturze pamięci,
- dopuszczalny jest tylko jeden pusty rząd w obszarze pamięci,
- przy przechodzeniu z trybu SPI do autonomicznego, należy przed uruchomieniem jakiegokolwiek operacji w trybie autonomicznym przeprowadzić operację zerowania (albo bezpośrednio przed wyjściem z trybu SPI, albo po wyjściu).

Nieprzestrzeganie powyższych zasad może spowodować nieprawidłową pracę układu w trybie autonomicznym.

Omówienie protokołu transmisyjnego SPI oraz związanych z nim poleceń realizowanych przez układy ISD1700 wykracza poza zakres tego opracowania. Szczegółowe informacje na ten temat można znaleźć w dokumentacji firmowej producenta tych układów.

## 6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE MODUŁU MART1700\_v2

- Zasilanie: +2,4 ... +5,5V, stabilizowane.
- Zapis nieulotny w układzie ISD1700, trwałość zapisu 100 lat bez zasilania.
- Możliwość wykonania do 100000 cykli zapisu.
- Czas zapisu zależny od typu układu : 30...240 s przy częstotliwości próbkowania 8 kHz
- Sterowanie za pomocą przycisków lub zewnętrznych sygnałów (w trybie autonomicznym), albo za pomocą interfejsu szeregowego SPI.
- Nagrywanie sygnału dźwiękowego z wbudowanego mikrofonu lub z zewnętrznego źródła.
- Napięcie wejściowego sygnału dźwiękowego na gnieździe P5: maks. 1 Vpp.
- Moc na wyjściach głośnikowych PWM (gniazdo P3): 670 mW przy napięciu zasilania 5,5 V i oporności głośnika 8  $\Omega$ .
- Napięcie wyjściowego analogowego sygnału audio AUX (gniazdo P4): maks. 1 Vpp.

## 7. WYKAZ ELEMENTÓW

Oznaczenie	Typ elementu	Uwagi
<b><u>Rezystory (0,125 W):</u></b>		
R1	2,2 kΩ	
R2, R3	4,7 kΩ	
R4	53 kΩ	
R5	80 kΩ	
R6	100 kΩ	
R7	120 kΩ	
R8	160 kΩ	
R9, R13	680 Ω	
R10	390 Ω	
R11	1 kΩ	
R12	10 kΩ	
<b><u>Kondensatory:</u></b>		
C1, C14	4,7 μF/35V	elektrolityczny
C6, C8, C10, C12	100 μF/16V	elektrolityczny
C2, C3, C13	100 nF	foliowy MKT
C5, C7, C9, C11, C15	100 nF	ceramiczny
C4	220 nF	ceramiczny
C16	1 μF	foliowy MKT
<b><u>Układy scalone:</u></b>		
U1	ISD1700	dowolny układ z tej serii
<b><u>Tranzystory:</u></b>		
T1	BC337	grupa 25
<b><u>Diody:</u></b>		
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7	1N4148	impulsowa
LED1	LTL4231NLC	zielona, niskoprądowa, 3 mm
LED2	LTL4221NLC	czerwona, niskoprądowa, 3 mm
<b><u>Inne:</u></b>		
M1	CM-18W	mikrofon elektretowy
S1	DTS-61R	mikroprzełącznik 6x6 mm, NO, dystr. TME
S2, S3, S4, S5, S6	DTS-63K	mikroprzełącznik 6x6 mm, NO, dystr. TME
S7	DTS-63R	mikroprzełącznik 6x6 mm, NO, dystr. TME
P1	PC-GK2.1	gniazdo zasilania DC typu 2,1/5,5 , dystr. TME
P2, P3	TB-3.8-P-2P-BL lub TB-3.8-P-2P-GY	listwa zaciskowa 3,81 mm, 2-pin, dystr. TME
P4	PHS-2B	gniazdo chinch do druku, dystr. ELFA
P5	JC-128	gniazdo jack stereo do druku, dystr. TME
P6	22-27-2101	listwa 10-stykowa męska prosta 2,54 mm, dystr. ELFA
P7	22-27-2051	listwa 5-stykowa męska prosta 2,54 mm, dystr. ELFA
J1, J2, J3, J4, J5, J6	MX-90120-0122	listwa stykowa 2,54 mm pionowa, 2-pin, dystr. TME
J7	MX-90120-0123	listwa stykowa 2,54 mm pionowa, 3-pin, dystr. TME

Niektóre wymienione elementy, głównie mechaniczne (przełączniki, gniazda, listwy), mogą być zastąpione przez ich odpowiedniki innych firm.