

Jednoukładowe rejestratory

sygnałów akustycznych firmy INFORMATION STORAGE DEVICES

Seria ISD2500, część 1

Układy ISD są powszechnie znane wśród elektroników w naszym kraju, lecz - ze względu na brak dostępu do dokumentacji - nie zawsze w pełni wykorzystywane. Postanowiliśmy wypełnić tę lukę - zaczynamy od najbardziej popularnych obecnie układów serii ISD2500.

Zadziwiająca, że przy oszałamiającym tempie rozwoju współczesnej elektroniki i technologii układów półprzewodnikowych są jeszcze układy, które przez wiele lat znajdują dla siebie ciekawe zastosowania. Więcej, istnieją takie układy scalone, które są niezbędne i niezastąpione przez blisko ćwierć wieku, czyli przez całe „elektroniczne” epoki!

Typowym przykładem „nieśmiertelnego” układu scalonego jest legendarna już „ajsielka”, czyli znany każdemu elektronikowi przetwornik ICL7106/07. Przez ćwierć wieku nikomu nie udało się wymyślić niczego, co lepiej pełniłoby realizowaną przez ten układ funkcję cyfrowego woltomierza.

Także przez blisko ćwierć wieku, gdy chcemy zbudować prosty, a jednocześnie dokładny timer, to sięgamy po kolejnego, ale czującego się nadal doskonale „mamuta”: NE555.

Układy, które chciałbym dzisiaj zaprezentować Czytelnikom Elektroniki Praktycznej nie są tak leciwe. W najstarszej ich wersji nie ukończyły jeszcze dziesięciu lat, niemniej stały się swojego rodzaju standardowymi i w zasadzie nie mają liczącej się konkurencji w swojej klasie. A klasą tą jest grupa układów służących do czysto elektronicznej rejestracji i odtwarzania dźwięków.

Układy ISD, znane od dawna każdemu elektronikowi, tylko pozornie są łatwe w stosowaniu. Rzeczywiście, aby zbudować prosty magnetofonik cyfrowy wystarczy pobeżnie przejrzeć kartę katalogową układu i od razu wziąć się do pracy, z zasady uwieńczonej sukcesem. Jednak układy produkowane przez firmę Information Storage Devices (stąd ich nazwa: ISD) nie służą jedynie do budowania prostych zabawek. Za ich pomocą możemy konstruować skomplikowane, niejednokrotnie sterowane mikroprocesorem lub komputerem systemy rejestracji i odtwarzania dźwięku, które mogą znaleźć bardzo „poważne” zastosowania. Aby jednak w pełni wykorzystać możliwości jakie daje konstruktorom rodzina układów ISD2500 nie wystarczy już tylko pobeżny rzut oka na kartę katalogową. Potrzebna jest rzetelna wiedza na temat zastosowanych elementów, znajomość wszystkich parametrów, a także specyficznych „sztuczek” i chwytów stosowanych przez konstruktorów. Aby umożliwić moim Kolegom pełniejsze wykorzystanie zalet „iesdeków” postanowiłem się zebrać w tym artykule w miarę kompletną informację na temat zasad ich stosowania, najważniejszych parametrów i znanych mi „mielizn”, na które mogą natrafić konstruktorzy.

Największą uwagę poświęćmy najpopularniejszej obecnie serii tych układów ISD2500. Nie zapomnimy jednak o ich starszych odpowiednikach,

układach serii ISD1200 - 1400, które pomimo zaprzestania produkcji są nadal dostępne na rynku i skutecznie konkurują cenowo ze swoim młodszym „rodzeństwem”.

Opis ogólny

Układy scalone serii ISD2500 są jednoukładowymi rejestratorami/odtwórcami komunikatów dźwiękowych o czasach trwania do 45, 60, 75 i 90 sekund. Układy są wykonane w technologii CMOS i zawierają oscylator, przedwzmacniacz mikrofonowy, układ automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW), filtr antyaliasingowy, filtr wygładzający i wzmacniacz głośnikowy. Dodatkowo, układy serii ISD2500 mogą być sterowane poprzez system mikrokomputerowy, co umożliwia operowanie bardzo złożonymi komunikatami.

Nagrania są przechowywane w komórkach pamięci nieulotnej. Dzięki technice bezpośredniej rejestracji sygnałów analogowych (ang. Direct Analog Storage Technology - DAST) komunikaty są zapamiętywane w naturalnej, analogowej postaci, dzięki czemu możliwe jest tworzenie systemów zapisu/odtworzenia zachowujących naturalne brzmienie dźwięków.

Jakość zapisu i odtwarzania

W serii ISD2500 są układy o częstotliwościach próbkowania 5,3, 6,4, 8,0 i 10,6 kHz, co umożliwia dobranie odpowiedniej jakości zapisu i odtwarzania. Próbkki są zapamiętywane w wewnętrznej, nieulotnej pamięci bezpośrednio w postaci analogowej, co eliminuje konieczność cyfryzacji i kompresji. Zapewnia to bardzo wierne, naturalne brzmienie odtwarzanego głosu, muzyki, tonów i efektów dźwiękowych, nieosiągalne w rozwiązaniach cyfrowych.

Czas trwania komunikatu

W serii ISD2500 są układy pozwalające na rejestrację i odtwarzanie komunikatów o łącznej długości: 45, 60, 75 i 90 sekund. Układy te można z łatwością łączyć kaskadowo, co pozwala uzyskać dłuższe czasy nagrań.

Pamięć EEPROM

Jedną z zalet zastosowania techniki DAST jest wykorzystanie wewnętrznej, nieulotnej pamięci umożliwiającej przechowywanie informacji do 100 lat po wyłączeniu zasilania (ciekawe, kto to sprawdzi i w jaki sposób?). Pamięć może być przeprogramowywana ponad 100000 razy.

Interfejs mikroprocesora

Aby rozszerzyć zakres stosowania układów, zwiększyć łatwość ich użycia, wprowadzono niezbędne linie sterujące, służące do komunikacji z mikroprocesorem.

Podstawowe właściwości układów ISD2500

- Nie są wymagane dodatkowe zewnętrzne układy scalone.
- Nie jest wymagany żaden specjalny system uruchomieniowy.
- Wierne odtwarzanie sygnałów audio.
- Sterowanie ręczne lub mikroprocesorowe.
- Inicjowanie odtwarzania z boczem lub poziomem.
- Maksymalna długość komunikatu 45, 60, 75 lub 90 sekund, w zależności od typu układu.
- Możliwość łączenia kaskadowego układów w celu uzyskania dłuższych czasów nagrania.
- Przechowywanie informacji również po wyłączeniu zasilania - niepotrzebne baterijne podtrzymanie zasilania.
- Automatyczne przechodzenie do stanu zmniejszonego poboru mocy w trybie Push-Button (typowy pobór prądu 1µA).
- Pełna adresowalność umożliwiająca operowanie wieloma zapamiętanymi komunikatami.
- Możliwość przechowywania zapamiętanych informacji przez 100 lat (typowo).
- Możliwość wykonania 100000 cykli zapisu (typowo).
- Wbudowany wewnętrzny zegar taktujący.
- Wbudowany układ automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW).
- Programowe wspomaganie dla systemów tylko odtwarzających.
- Jedno napięcie zasilania +5V (4,5V do 6,5V).
- Dostępne wersje niskonapięciowe (3,6V do 4,0V).
- Różne wersje obudów: DIP, SOIC, TSOP.
- Dostępne wersje o zakresie temperatur pracy od -40°C do 85°C.

Tab. 1. Przegląd układów serii ISD2500

Typ układu	Maksymalny czas trwania komunikatu	Częstotliwość próbkowania	Górna częstotliwość pasma
ISD2545	45s	10,6kHz	4,5kHz
ISD2560	60s	8,0kHz	3,4kHz
ISD2575	75s	6,4kHz	2,7kHz
ISD2590	90s	5,33kHz	2,3kHz

rem. Odpowiednio sterowane, pozwalają operować złożonymi komunikatami dźwiękowymi, czego najlepszym przykładem jest konstrukcja mówiącego zegara, której opis opublikowaliśmy w Elektronice Praktycznej 3/97.

Opis wyprowadzeń układów serii ISD2500

Na rys. 1 przedstawiono układ wyprowadzeń dwóch zasadniczych wersji układów serii ISD2500. Niżej opisujemy poszczególne wyprowadzenia.

Wejście mikrofonowe (MIC)

Wejście przedwzmacniacza mikrofonowego. Wewnętrzny układ ARW steruje wzmocnieniem przedwzmacniacza w zakresie -15 do 24 dB. Zewnętrzny mikrofon musi być łączony poprzez szeregowy kondensator, który wraz z wewnętrzną rezystancją wyprowadzenia MIC ogranicza dolną częstotliwość pasma przepustowego.

Mikrofonowe wejście odniesienia (MIC REF)

Dołączenie tego wejścia przez szeregowy kondensator do masy analogowej VSSA umożliwi wyeliminowanie zakłócającego sygnału wspólnego. Pojemność kondensatora powinna być równa pojemności kondensatora dołączonego do wejścia MIC. Można w ten sposób uzyskać polepszenie parametrów szumowych układu o 10 dB.

Uwaga dla konstruktorów: **JEŻELI WEJŚCIE MIC REF NIE JEST WYKORZYSTYWANE MUSI POZOSTAĆ NIEPODŁĄCZONE.**

Wyjście analogowe (ANA OUT)

Wyjście przedwzmacniacza mikrofonowego. Wzmocnienie przedwzmacniacza jest regulowane napięciem na wyprowadzeniu AGC.

Wejście analogowe (ANA IN)

Wejście wzmacniacza rejestrowanego sygnału. Jeżeli wykorzystywany jest przedwzmacniacz mikrofonowy, wyprowadzenie ANA IN powinno być połączone z wyprowadzeniem ANA OUT poprzez zewnętrzny kondensator, który wraz z impedancją wejściową wyprowadzenia ANA IN również ogranicza dolną częstotliwość graniczną pasma przepustowego. Wejście ANA IN może być także sterowane z innych źródeł sygnału, pod warunkiem dołączenia poprzez szeregowy kondensator.

Wejście automatycznej regulacji wzmocnienia (AGC)

Blok ARW dynamicznie dostosowuje wzmocnienie przedwzmacniacza mikro-

fonowego do zmieniającej się dynamiki sygnału wejściowego. Umożliwia to rejestrację dźwięków o szerokim zakresie poziomów głośności z minimalnymi zniekształceniami. Czas zadziałania układu ARW (ang. Attack Time) jest określony przez stałą czasową wewnętrznego rezystora i kondensatora łączącego wyprowadzenie AGC z masą analogową VSSA.

Czas zwolnienia układu ARW (ang. Release Time) jest określony przez stałą czasową zewnętrznego rezystora (R6 na rys. 2) i zewnętrznego kondensatora (C5 - rys. 2) łączących wyprowadzenie AGC z masą analogową VSSA. Nominalne wartości tych elementów, odpowiednio 470kΩ i 4,7μF, zapewniają dobre wyniki w większości przypadków. Należy jednak zachęcać konstruktorów do eksperymentowania z indywidualnym doбором tych elementów.

Wyjścia głośnikowe (SP+, SP-)

Wszystkie układy serii ISD2500 są wyposażone w różnicowy wzmacniacz głośnikowy mogący oddać moc 50 mW do obciążenia 16Ω. Wyprowadzenia głośnikowe w czasie rejestracji i w stanie obniżonego poboru mocy (ang. Power Down) są dołączane do masy VSSA.

Uwaga dla konstruktorów: **RÓWNOLEGŁE ŁĄCZENIE WYPROWADZEŃ GŁOŚNIKOWYCH MOŻE SPOWODOWAĆ USZKODZENIE UKŁADU.**

Możliwe jest wykorzystanie tylko jednego wyprowadzenia głośnikowego, jednak maksymalna moc oddawana do obciążenia zmniejszy się 4-krotnie.

Uwaga dla konstruktorów: **NIE WOLNO ZWIERAĆ DO MASY NIEWYKORZYSTANYCH WYJŚĆ GŁOŚNIKOWYCH LUB STEROWAĆ Z INNYCH ŹRÓDEŁ.**

Wejście obniżonego poboru mocy (PD)

Wymuszenie poziomu wysokiego na wyprowadzeniu PD wprowadza układ w stan zmniejszonego poboru mocy. Gdy na wyprowadzeniu OVF pojawia się impuls o niskim poziomie oznaczający przepełnienie, podanie stanu wysokiego na wejście PD ustawi wskaźnik adresowy na początek obszaru pamięci. Wyprowadzenie to pełni także dodatkową rolę w trybie M6 (Push-Button).

Wejście wyboru układu (CE)

Wymuszenie poziomu niskiego na wyprowadzeniu CE uaktywnia układ do wszystkich operacji zapisu/odtwarzania. Opadające zboczne sygnału CE powoduje odczytanie stanu wejść adresowych i wejścia P/R. Wyprowadzenie CE pełni dodatkową funkcję w trybie M6 (Push-Button).

Wejście odtwarzanie/zapis (P/R)

Poziom wysoki podany na wyprowadzenie P/R uaktywnia cykl odtwarzania, a poziom niski - cykl zapisu (stan wejścia P/R jest zatraskiwany przy opadającym zboczku sygnału na wyprowadzeniu CE). Dla cyklu zapisu wejścia adresowe określają adres początkowy, od którego komunikat będzie zapamięty-

wany. Rejestracja trwa dopóki stan wyprowadzenia PD lub CE nie zostanie zmieniony na wysoki lub nie nastąpi przepełnienie. Gdy cykl zapisu zostanie zakończony przez sygnał PD lub CE, wówczas do komórki wskazywanej przez wskaźnik adresowy zostaje wstawiony znacznik końca informacji EOM. W cyklu odtwarzania wejścia adresowe określają początkowy adres odtwarzania, które trwa do napotkania znacznika EOM. Odtwarzanie może trwać poza EOM w trybie pracy lub w trybie adresowym, gdy linia CE jest utrzymywana w stanie niskim.

Wejścia adresowe i wyboru trybu pracy (Ax/Mx)

Wejścia adresowe i wyboru trybu pracy pełnią dwie funkcje zależnie od stanu dwóch najbardziej znaczących (MSB) linii adresowych.

Jeżeli choć jedna z dwóch najbardziej znaczących linii adresowych jest w stanie niskim, wówczas wszystkie wejścia są interpretowane jako adresowe. Wyprowadzenia adresowe są jedynie wejściami i nie umożliwiają odczytania aktualnego stanu wskaźnika adresowego.

Jeżeli dwie najstarsze linie adresowe są w stanie wysokim, wówczas wejścia są interpretowane jako wejścia wyboru trybu pracy zgodnie z tab. 2. Osiągalnych jest sześć trybów (M0 do M6), przy czym niektóre można wykorzystywać równocześnie. Informacja o trybach pracy jest odczytywana przy każdym opadającym zboczku sygnału CE.

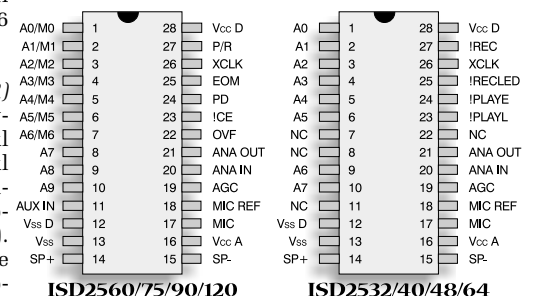
Wejście zewnętrznego zegara (XCLK)

Układy serii ISD2500 są w czasie wytwarzania konfigurowane tak, aby częstotliwość próbkowania nie różniła się więcej niż ±1 % od częstotliwości znamionowej i nie zmieniała się więcej niż ±2,25% w całym zakresie temperatur pracy i napięć zasilania. Jeżeli jest wymagana większa stabilność sygnału zegarowego, układy mogą być taktowane z zewnętrznego źródła impulsów zegarowych przez wejście XCLK.

Zalecane częstotliwości taktowania nie powinny być zmieniane, bo z uwagi na ustalone częstotliwości filtrów (antyaliasingowego i wygładzającego) może nastąpić pogorszenie jakości rejestrowanych komunikatów.

Współczynnik wypełnienia impulsów zegarowych nie jest krytyczny, gdyż częstotliwość zewnętrznego zegara jest dzielona przez 2.

Uwaga dla konstruktorów: **JEŻELI ZEWNĘTRZNY GENERATOR NIE JEST**



Rys. 1.

WYKORZYSTYWANY, WEJŚCIE XCLK MUSI BYĆ NA STAŁE POŁĄCZONE Z MASĄ.

Wyjście końca informacji i działania układu (!EOM)

Na wyprowadzeniu EOM pojawia się impuls o niskim poziomie i czasie trwania zależnym od wersji układu (od 9,375 do 18,75 ms) oznaczający zakończenie komunikatu. Znacznik końca komunikatu EOM jest automatycznie ustawiany na końcu każdego zarejestrowanego komunikatu i pozostaje tam aż do zamazania przez inny zapisywany komunikat.

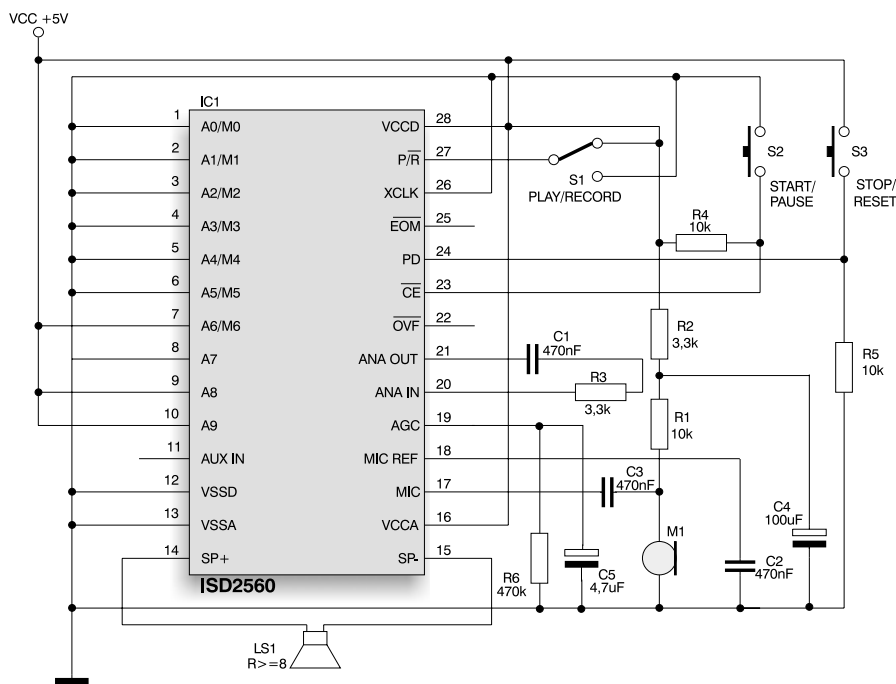
Dodatkowo, aby zabezpieczyć zapisane komunikaty przed przypadkowym skasowaniem, układ jest ustawiany w stan odtwarzania, gdy napięcie VCC spadnie poniżej 3,5V i na wyprowadzeniu EOM pojawia się wówczas poziom niski. Gdy układ pracuje w trybie M6 (Push-Button), to na wyprowadzeniu EOM pojawia się poziom wysoki (sygnał RUN), jeżeli układ rejestruje lub odtwarza komunikat. Sygnał ten może zostać wykorzystany do sterowania diodą LED wskazującą działanie układu.

Wyjście przepełnienia (OVF)

Jedną z podstawowych cech układów rodziny ISD2500 jest rozdzielenie sygnału wyjściowego przepełnienia (ang. Overflow) i sygnału końca komunikatu EOM (ang. End Of Message). Sygnały te wyprowadzane są na dwie osobne końcówki: OVF i EOM. Umożliwia to bardziej efektywne łączenie kaskadowe układów. W układach rodziny ISD2500 na wyprowadzeniu EOM jest generowany impuls o niskim poziomie, jeśli podczas odtwarzania zostanie napotkany bit EOM. Na wyjściu tym nie jest generowany taki impuls w przypadku wystąpienia przepełnienia. Zamiast tego, po osiągnięciu przepełnienia, na wyjściu OVF przez około 6 μs wystąpi impuls o niskim poziomie.

Po osiągnięciu stanu przepełnienia, sygnał wejściowy CE zostaje połączony przez układ z wyjściem OVF. Oznacza to, że sygnał wejściowy CE pojawia się na wyjściu OVF układu będącego w stanie przepełnienia.

Aby zrozumieć dlaczego układy działają w ten sposób, należy rozważyć kilka takich układów połączonych kaskadowo. Aby układy prawidłowo połączyć w kaskadę, wyjście OVF każdego z układów powinno być połączone z wejściem CE następnego (wyjście OVF



Rys. 2.

ostatniego w łańcuchu zostanie omówione później). W ten sposób sygnał CE przenosi się przez układy będące w stanie przepełnienia. Zmiana stanu lub podanie impulsu o niskim poziomie na wejście CE pierwszego układu w łańcuchu steruje, poprzez linię łańcucha, pierwszym układem nie będącym w stanie przepełnienia.

Działanie wyprowadzenia OVF podczas odczytu

Normalne odtwarzanie rozpoczyna się impulsem na linii CE, następnie CE powraca do poziomu wysokiego. W tym przypadku przy przepełnieniu na wyprowadzeniu OVF pojawia się impuls rozpoczynający odtwarzanie w kolejnym układzie łańcucha. Jeśli system używa podczas odtwarzania stałego sygnału CE, wyprowadzenie OVF przejdzie do stanu niskiego przy przepełnieniu i w nim pozostanie, przy czym nie zostanie wysłany impuls o niskim poziomie.

Uwaga dla konstruktorów: **na wyjściach EOM układów serii ISD2500 nie są generowane impulsy po wystąpieniu stanu przepełnienia. Odtwarzany komunikat może skończyć się ustawnym bitem EOM lub może trwać do wystąpienia stanu przepełnienia. Jeśli projektant potrzebuje prostego**

układu logicznego do wskazania, że komunikat się zakończył, niezbędne jest zsumowanie stanów (suma logiczna OR) wyjść EOM i OVF. Ponieważ oba są aktywowane poziomami niskimi, odpowiednią będzie dwuwejściowa bramka AND.

Wejście pomocnicze (AUX IN)

Sygnał z tego wejścia jest podawany do wzmacniacza głośnikowego, gdy CE jest w stanie wysokim i skończony jest cykl odtwarzania lub gdy wystąpiło przepełnienie. Jeżeli układy są łączone kaskadowo, wejście AUX IN służy do dołączenia wyjścia głośnikowego układu poprzedzającego. Dla zapewnienia dobrych parametrów szumowych zalecane jest nieużywanie wejścia AUX IN w czasie, gdy jest aktywna tablica pamięci analogowej.

Wejścia zasilające (VCCA, VCCD)

Dla zmniejszenia szumów, szyny zasilające zostały rozdzielone na analogową i cyfrową. Ścieżki zasilające powinny być połączone ze sobą jak najbliżej zasilacza, jednocześnie kondensatory odprężające powinny być umieszczone jak najbliżej układu scalonego.

Wyprowadzenia masy (VSSA, VSSD)

W układach serii ISD2500 wprowadzono oddzielne linie masy. Powinny być one połączone razem jak najbliżej układu i dołączone do masy zasilacza poprzez ścieżkę o małej impedancji.

Zbigniew Raabe, AVT

Więcej informacji o produktach firmy ISD można znaleźć w Internecie pod adresem www.isd.com.

Artykuł przygotowano w oparciu o materiały nadesłane przez firmę Marta, która jest krajowym dystrybutorem firmy ISD.

Tab. 2. Tryby pracy układów ISD2500.			
Tryb pracy	Funkcja	Typowe zastosowanie	Tryby kompatybilne, które mogą być użyte równocześnie
M0	Odtwarzanie zapisanej informacji	Szybkie przeglądanie komunikatów	M4, M5, M6
M1	Kasowanie znaczników EOM	Łączenie komunikatów	M3, M4, M5, M6
M2	Nie wykorzystywany		
M3	Odtwarzanie w pętli	Odtwarzanie ciągle od adresu 0	M1, M5, M6
M4	Kolejne adresowanie	Rejestracja - odtwarzanie wielu kolejnych komunikatów	M0, M1, M5
M5	Wyzwalanie poziomem	Realizacja funkcji pauzy	M0, M1, M3, M4
M6	Sterowanie układem w trybie Push - Button	Uprozczone sterowanie układem	M0, M1, M3