

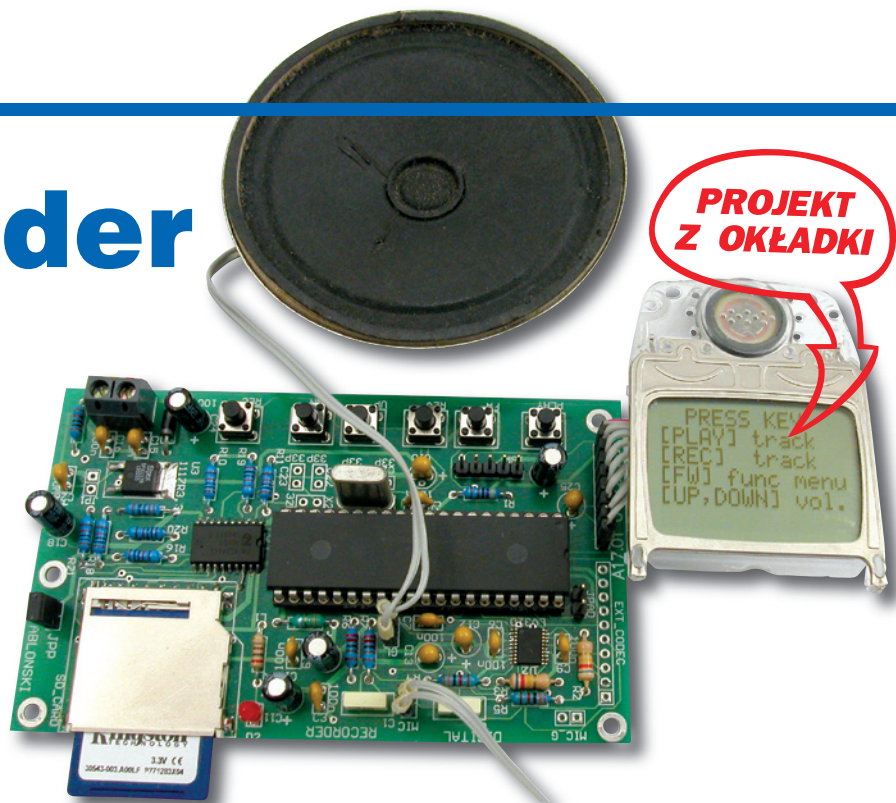
dsPICorder

AVT-931

Technika DSP bardzo nieśmiało zagląda do pracowni konstrukcyjnych, także w dużych firmach. Mamy nadzieję, że projekt przedstawiony w artykule da Czytelnikom przedsmak jej możliwości, a wykorzystanie w nim bardzo interesującego układu z rodziny dsPIC zainteresuje większość naszych Czytelników.

Rekomendacje:

w artykule przedstawiamy niezwykle nowatorskie opracowanie cyfrowego rejestratora audio, którego „mózgiem” jest mikrokontroler DSP z rodziny dsPIC30.



Scalone procesory sygnałowe DSP (*Digital Signal Processor*) zaczęto produkować na początku lat 80-tych XX wieku. Praktyczne zastosowanie dynamicznie rozwijających się technik cyfrowego przetwarzania sygnałów analogowych wymagało układów scalonych o odpowiedniej architekturze, dużej mocy obliczeniowej i specyficznych peryferiach. Najbardziej odpowiednią architekturą okazała się architektura harwardzka, czyli taka, w której rozdzielono magistrale pamięci danych i pamięci programu. Pozwoliło to na optymalne dobranie różnych długości słów danych i kodów rozkazów. Konsekwencją wyboru takiej architektury było stosowanie zredukowanej listy rozkazów RISC. Algorytmy cyfrowej obróbki sygnałów są oparte głównie na wykonywaniu operacji mnożenia i dodawania liczb wielobitowych. Programowe wykonywanie szczególnie operacji mnożenia na liczbach na przykład 20-bitowych wymaga dużo czasu – w przypadku algorytmów przetwarzania sygnałów najczęściej zbyt dużo nawet w przypadku szybkich

procesorów. Dlatego procesory sygnałowe są wyposażane w dodatkowy blok nazywany *DSP Engine*, wykonujący specjalizowane rozkazy z listy rozkazów, którego zadaniem jest szybkie sprzętowe mnożenie i dodawanie/odejmowanie liczb wielobitowych.

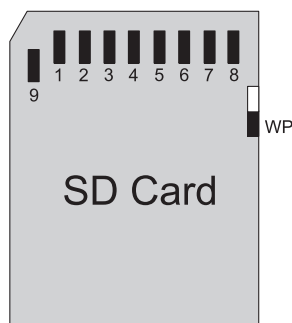
Początkowo procesory DSP służyły głównie do cyfrowej obróbki analogowych sygnałów audio i dlatego były wyposażane w szybkie przetworniki cyfrowo-analogowe i analogowo-cyfrowe. Potem zalety cyfrowego przetwarzania doceniono w innych dziedzinach techniki i pojawiły się inne układy peryferyjne na przykład sprzętowe układy PWM stosowane w sterowaniu silnikami elektrycznymi.

dsPICe w praktyce

Jeszcze niedawno procesor DSP kojarzył się ze scaloną specjalizowaną jednostką centralną, do której podłączone były zewnętrzne pamięci danych RAM i programu ROM lub EEPROM. Zapewne to niebawem sukces, jaki odniosły mikrokontrolery z wbudowaną dużą

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 108x65 mm
- Zasilanie: 5...6 VDC
- Typ nośnika: karty pamięciowe MMC/SD (w modelu użyto SD 256 MB)
- Interfejs: SPI
- Funkcja automatycznego wykrywania obecności karty
- Rozdzielczość próbkowania: 13 bitów z kompresją do 8 bitów
- Max. częstotliwość rejestrowanego sygnału: 3400 Hz
- Częstotliwość próbkowania: 8 kHz
- Funkcja wyciszania (mute)
- Sterowanie: 6 klawiszy, wyświetlacz graficzny od telefonu Nokia 3310
- Typ mikrofonu: elektretowy



PIN	NAZWA	LINIA	OPIS
1	CS	wejście	Chip select - aktywne zero
2	DI	wejście	Data In - wejście danych
3	GND	zasilanie	masa
4	VDD	zasilanie	zasilanie +3.3V
5	SCLK	wejście	linia zegarowa
6	GND	zasilanie	masa
7	D0	wyjście	wejście danych Open Drain
8	---	---	tryb SPI rezerwa
9	---	---	tryb SPI rezerwa

Rys. 1. Wyprowadzenia karty SD w trybie SPI

pamięcią Flash i wieloma różnymi peryferiami skłonił firmę Microchip do opracowania połączenia koncepcji szybkiego, dobrze wyposażonego w układy peryferyjne, sporą pamięć programu Flash i pamięć danych SRAM 16-bitowego mikrokontrolera z jednostką *DSP Engine*. W ten sposób powstała rodzina dsPIC30F nazywana przez producenta *Digital Signal Controllers* (DSC). W przedstawionym tutaj cyfrowym dyktafonie postaram się pokazać część niemałych możliwości układu dsPIC30F4013.

Podstawy

Cyfrowy dyktafon miał w założeniu przekształcać sygnał mowy na postać cyfrową i w takiej postaci go zapisywać. Zapisany cyfrowo sygnał mógł być potem odtworzony, czyli przekształcony ponownie na postać analogową.

Jak wiadomo pasmo akustyczne zawiera częstotliwości z zakresu 20 Hz...20 kHz. Jednak żeby sygnał mowy był przesyłany bez zniekształceń (zrozumieliśmy) można pasmo akustyczne zawęzić do zakresu 100 Hz...3,5 kHz. Zamiana elektrycznego sygnału analogowego na postać cyfrową odbywa się przez próbkowanie w przetworniku analogowo cyfrowym. Na wyjściu przetwornika pojawiają się dane z określoną częstotliwością. Z twierdzenia o próbkowaniu wynika, że częstotliwość próbkowania musi być, co najmniej dwukrotnie większa od najwyższej częstotliwości zawartej w sygnale analogowym. Inaczej mówiąc im węższe pasmo sygnału analogowego tym częstotliwość próbkowania może być niższa i dane na wyjściu przetwornika analogowo cyfrowego pojawiają się z mniejszą częstotliwością, a przez to będzie ich zdecydowanie mniej niż w przypadku konwersji sygnału audio o wysokiej jakości.

Dane z kodeka odebrane przez moduł DCI trzeba zarejestrować w pamięci nieulotnej. Załóżmy, że będą rejestrowane dane o długości 13 bitów, konwertowane liniowo z częstotliwością 8 kHz. W ciągu sekundy trzeba zapisać 8000 13-bitowych próbek. Ponieważ nie ma pamięci 13-bitowych, to każdą próbkę trzeba będzie zapisać na 2 bajtach, czyli na zapisanie sekundy trzeba będzie 16000 bajtów. Minuta sygnału mowy o paśmie

300 Hz...3,4 kHz próbkowanego z częstotliwością 8 kHz wymaga zapisania 960000 bajtów, czyli prawie jednego megabajta! Gdybyśmy się zdecydowali na zapisanie kompresowanego 8-bitowego formatu danych, to potrzebna pojemność potrzebnej pamięci spadłaby o połowę. Początkowo chciałem zapisywać dane w scalonej pamięci Flash. Ale powyższe wyliczenia uświadomiły mi, że trudno będzie znaleźć łatwo dostępne i w miarę tanie układy. Zdecydowałem się wykorzystać szeroko dostępne karty pamięci Flash typu MMC lub SD. W modelowym rozwiązaniu zastosowałem kartę SD firmy Kingston o pojemności 256 MB. Karta SD ma 9 złoconych styków (**rys. 1**) i jest wkładana do złącza z kontaktami do montażu powierzchniowego o 12 wyprowadzeniach. Pozostałe kontakty służą do sygnalizacji włożenia karty i protekcji zapisu.

Opis układu

Przesyłanie mowy w postaci cyfrowej jest dzisiaj stosowane na dużą skalę w telefonii GSM i telefonii internetowej. Żeby było wszystkim łatwiej wielu producentów układów scalonych oferuje specjalizowane układy scalone nazywane kodekami. Układ kodeka zawiera w swojej strukturze kompletny przetwornik analogowo-cyfrowy, przetwornik cyfrowo-analogowy i interfejs cyfrowy pozwalający przesłać dane pomiędzy DSC, a przetwornikami. W dyktafonie zastosowałem kodek TLV320AIC1107 (układ U2, **rys. 2**) produkowany przez Texas Instruments. Oprócz wspomnianych przetworników i interfejsu układ zawiera w swojej strukturze wzmacniacz mikrofonowy o regulowanym wzmocnieniu i wzmacniacz słuchawkowy bez problemuysterowujący mały głośnik o impedancji 8...36 Ω . Jest to idealny element do tego zastosowania.

Sygnał z elektretowego mikrofonu podłączanego do złącza MIC jest przesyłany do symetrycznego wejścia wzmacniacza mikrofonowego MIC Amp1 (wyprowadzenia MICIN+ i MICIN-). Wewnętrzny wzmacniacz mikrofonu jest zasilany przez rezystory R6 i R7. Kondensatory C1 i C2 separują składową stałą. Wzmocnienie wzmacniacza mikrofonowego MIC Amp1 można regulować przez dobór par

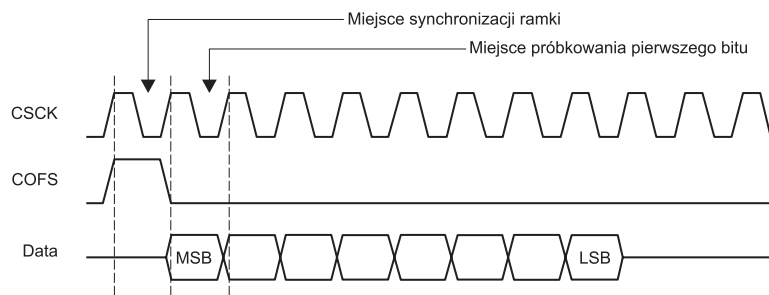
rezystorów R3, R4 i R2, R6 według zależności:

$$\text{MicGain} = 20 \cdot \log(R3/R4) \text{ [dB]}$$

Za wzmacniaczem MIC Amp1 jest umieszczony drugi stopień o wzmocnieniu 6 dB (MIC Amp2). Układ wzmacniacza może zostać wyciszony (tłumienie 80 dB) przez podanie stanu wysokiego na wyprowadzenie MICMUTE. W trakcie normalnej pracy MICMUTE jest w stanie niskim.

Sygnał z mikrofonu po wzmocnieniu powinien być filtrowany dolnoprzepustowo tak, żeby ograniczyć pasmo do częstotliwości 3,4 kHz. Wykonanie filtra analogowego o płaskiej charakterystyce przenoszenia i stromo opadającej charakterystyce jest kłopotliwe w wykonaniu. Dlatego w układach przetworników analogowo-cyfrowych stosuje się technikę nadpróbkowania polegającą na próbkowaniu z częstotliwością będącą wielokrotnością częstotliwości próbkowania wynikającej z pasma próbkowanego sygnału. Nie jest to napisane, wprost, ale należy się spodziewać, że w kodeku zastosowano prosty filtr dolnoprzepustowy i nadpróbkowanie. Przemawia za tym chociażby to, że konwersji analogowo-cyfrowej dokonuje przetwornik typu delta-sigma, który bez problemu może próbować z dużymi częstotliwościami. Filtrowanie dolnoprzepustowe, ewentualne nadpróbkowanie i decymacja to wewnętrzne szczegóły działania konwersji analogowo-cyfrowej. Rzeczywista częstotliwość próbkowania F_s określona jest przez częstotliwość sygnału na linii wejściowej PCMSYN (wyprowadzenie 18) i dla kodeka jest stała i wynosi 8 kHz.

Moduł interfejsu cyfrowego do poprawnej pracy wymaga sygnału zegara systemowego podłączanego do wejścia MCLK. Częstotliwość zegara systemowego musi mieć wartość $256 \cdot F_s$ czyli 2,048 MHz. Sygnał z zegara systemowego pełni dodatkowo funkcję zegara taktującego przesyłaniem danych wejściowych i wyjściowych kodeka. W czasie jednego okresu F_s przesyłana jest jedna ramka z danymi 16-bitowymi, ale w tym samym czasie przesyłanych jest 256 taktów zegara MCLK taktującego transmisją. Z prostego rachunku wynika, że dane są przesyłane przez pierwszych 16 taktów MCLK, a przez



Rys. 3. Przesyłanie danych w trybie wielokanałowym

pozostałe linie danych jest w stanie wysokiej impedancji. Taki sposób taktowania danymi został wprowadzony celowo, żeby można było w czasie jednego okresu częstotliwości próbkowania przesłać dane z 16 kodeków podłączonych równoległe do MCLK i linii danych. Kodeki muszą być wyposażone w wejścia i wyjścia uaktywniające kolejne układy połączone w łańcuch. Taki tryb pracy nazywa się trybem wielokanałowym.

Dane o rozdzielczości 13 bitów z przetwornika analogowo-cyfrowego są wyprowadzane wyjściem PCMO-UT. Słowo 13-bitowe jest umieszczone w ramce 16-bitowej w formacie *left justified*, czyli jako pierwszy bit jest przesyłany najstarszy bit, a 3 najmłodsze bity są wyzerowane.

Do przesyłania mowy stosowane są algorytmy kompresujące liniową konwersję 13-bitową na rozdzielczość 8-bitową bez utraty jakości sygnału. W kodeku zaimplementowany został algorytm kompresji nazywany *A-law*, po znormalizowaniu nazwany CCITT G.711. Przy częstotliwości próbkowania 8 kHz uzyskuje się przepływność 64 kb/s. Format danych wybiera się stanem wyprowadzenia LINSEL. Przez wymuszenia na LINSEL stanu niskiego wybierana jest 13-bitowa konwersja liniowa.

Dane wejściowe przetwornika cyfrowo-analogowego podawane na linię wejściową PCMI są konwertowane na sygnał analogowy, a potem wzmacniane przez wzmacniacz słuchawkowy. Słuchawki lub mały głośnik podłącza się do złącza GL. Jeżeli wybrany jest 13-bitowy, liniowy format danych, to na trzech najmłodszych bitach w 16-bitowej ramce zakodowany jest poziom głośności w zakresie od -18 dB do +3 dB ustawiany z krokiem 3 dB.

Mikrokontroler dsPIC30F4013 ma układ peryferyjny DCI (*Data Converter Interface*) przeznaczony

do komunikacji z kodekami audio. Oprócz omawianego już trybu wielokanałowego, interfejs można zaprogramować do pracy ze stereofonicznym formatem I2S i AC97.

Zaprogramowanie interfejsu do pracy z kodekiem TLV320AIC1107 rozpoczyna się od ustawienia trybu wielokanałowego. Na rys. 3 pokazano przebiegi czasowe w czasie przesyłania danych.

Kodek wymaga, żeby częstotliwość sygnału taktującego przesyłaniem danych miała wartość $256 \cdot F_s$. Ramka danych ma długość 16 bitów, czyli w okresie sygnału na linii COFS zmieści się 16 ramek (każda po 16 bitów). Interfejs DCI identyfikuje ramki danych poprzez przypisanie im 16 szczelin czasowych. Przyłączony do magistrali kodek nadaje (lub odbiera) dane umieszczone w przypisanej sobie szczelinie. W DCI każdą szczelinę nadajnika i odbiornika można indywidualnie zablokować. W konfiguracji pokazanej na rys. 3 wykorzystywana jest tylko szczelina zerowa i tylko tą trzeba uaktywnić. Jest to typowa konfiguracja pracy z jednym kodekiem. Ponieważ TLC329AIC1107 może pracować tylko jako układ *slave*, to źródłem sygnałów zegarowych musi być interfejs DCI. Do tego celu wykorzystywany jest dedykowany dzielnik zegara systemowego mikrokontrolera, który jest źródłem sygnału zegara CSCK. Częstotliwość wyjściową CSCK określa zależność:

$$F_{csck} = F_{cy} / 2(BGC + 1),$$

Gdzie F_{csck} częstotliwość sygnału CSCK, F_{cy} częstotliwość zegara systemowego, BGC – wartość wpisana do rejestru dzielnika.

Mikrokontroler U1 jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 4,096 MHz. Wewnętrzny układ PLL może być tak zaprogramowany, że powieli tę częstotliwość ośmiokrotnie. Ponieważ każdy rozkaz jest wykonywany w trak-

cie 4 cykli zegara, to częstotliwość zegara systemowego będzie równa: $(4,096 \text{ MHz} \cdot 8) / 4 = 8,192 \text{ MHz}$. Kiedy do BGC wpisujemy wartość 1, to otrzymujemy $F_{csck} = F_{cy} / 4 = 2,048 \text{ MHz}$. Po podzieleniu przez 256 otrzymujemy 8 kHz i taka będzie częstotliwość próbkowania. Podział przez 256 wynika z wybrania 16 szczelin czasowych przesyłających 16 bitów każda. Jak widać z tych wyliczeń, można uzyskać potrzebne częstotliwości używając oscylatora kwarcowego o odpowiedniej częstotliwości drgań.

Dane odbierane i wysyłane z interfejsu są buforowane. Maksymalna programowana długość bufora to 4 słowa. Jeżeli zaprogramujemy bufor nadajnika o długości 4 słów, to po jego zapisaniu moduł wysyła dane na magistralę, aż do opróżnienia bufora. Wtedy ustawiany jest bit zgłoszenia przerwania i w obsłudze przerwania bufor musi być ponownie zapisany. Podobnie jest z buforem odbiornika. Po odebraniu zaprogramowanej liczby słów zgłaszane jest przerwanie i trzeba bufor odczytać. Moduł jest też wyposażony w układy kontroli przepływu danych. Jeżeli wszystkie dane bufora nadajnika zostały wysłane, a nowe dane nie zostaną zapisane, to ustawiany jest bit informujący o tym. Jeżeli dane z odbiornika nie zostaną odczytane z bufora przed zapisaniem do niego kolejnej danej, to moduł również o tym informuje przez ustawienie stosownego bitu. Ta diagnostyka jest niezbędna, bo nieprawidłowości w obsłudze bufora (nie wysłanie na czas danych nadajnika, lub nadpisanie danych odbiornika) powodują zniekształcenia w konwertowanym sygnale.

W programie obsługi kodeka bufor odbiornika i nadajnika modułu DCI ma długość 4 znaków, a jego zapisywanie lub odczytywanie odbywa się w procedurze obsługi przerwania. Przed użyciem (zapisywaniem lub odczytywaniem danych) karty SD wymagana jest inicjalizacja. W niemal wszystkich materiałach, do jakich można dobrać umieszczoną jest informacja, że obsługa kart SD i MMC jest identyczna. Karty MMC mają tylko 7 kontaktów, ale można je włożyć do użytego w projekcie gniazda i powinny działać tak jak karty SD. Jest to prawda, ale dla kart wykonanych według specyfikacji

V1.7 (występujących na szczęście w większości). Najnowsze karty mogą być wykonane według nowej specyfikacji V1.9. O ile ta starsza jeszcze niedawno była dostępna na stronach firmy SanDisk i można ją zdobyć, to za tę drugą organizacja standaryzująca żąda sporych sum, ale mimo tego udało mi się do niej dotrzeć.

W nowej specyfikacji inicjalizacja może przebiegać inaczej: zamiast komendy CMD1 trzeba wysłać komendę ACMD41. Inicjalizacja karty polega na przełączeniu jej w tryb SPI przez wymuszenie stanu wysokiego na linii SD i wysłaniu 80 taktów zegara na linię SCLK. Potem trzeba wysłać komendę CMD0, odebrać potwierdzenie 01, wysłać komendę CMD1 i odebrać potwierdzenie 00h. Potem można odczytać rejestry CSD komendą CMD2 i ewentualnie zmienić długość bloku danych (sektora). Po tych operacjach karta jest gotowa do zapisywania i odczytywania danych.

Do komunikacji z kartą został użyty sprzętowy interfejs SPI mikrokontrolera dsPIC30F4013. Wszystkie linie łączące mikrokontroler z kartą są buforowane przez bufor układu U4 74LCX244. Karta i układ U4 są zasilane przez zwozę JPP. Mikrokontroler może wykonywać operacje z szybkością 10 MIPS przy zasilaniu +3,3 V. Jeżeli potrzebna byłaby większa szybkość pracy musiałby być zasilany napięciem +5 V. Dlatego zasilania karty i mikrokontrolera są oddzielone zwozą i połączenie z kartą jest buforowane układami serii LCX akceptującymi wejściowy poziom logiczny +5 V.

Dyktafon został wyposażony w graficzny wyświetlacz od telefonu komórkowego Nokia 3310. Wybór tego wyświetlacza został podyktowany jego małym poborem mocy, dużą szybkością działania i niską ceną. Taki wyświetlacz w chińskim wykonaniu można kupić już za ok. 10 PLN. Mikrokontroler komunikuje się z wyświetlaczem za pomocą interfejsu SPI. Ponieważ sprzętowy interfejs SPI obsługuje kartę SD, to wyświetlacz obsługiwany jest przez SPI zaimplementowany programowo. Wykorzystuje do tego celu linie porów: RF1 (linia danych SDO2), RF0 (linia zegarowa SCK2), RD2 (dane/komendy D/C)

i RD3 (wybór układu CS_D). Interfejs ma tylko linię danych wyjściowych, bo do wyświetlacza dane są tylko zapisywane.

Klawisze sterujące pracą dyktafonu są podłączone do linii portu PORTB. Wszystkie linie zaprogramowano jako wejściowe i mają włączone rezystory podciągające do plusa zasilania. Klawisz STOP spełnia również funkcję klawisza UP. Podobnie klawisz PAUSE spełnia funkcję klawisza DOWN. Trzeba o tym pamiętać w trakcie obsługi.

Stałe napięcie zasilające dyktafon o wartości 5...6 V jest podłączone do złącza ZAS. Dioda D1 zapobiega uszkodzeniu układu przy odwrotnym podłączeniu biegunów napięcia zasilania. Napięcie zasilające +3,3 V może być otrzymywane ze stabilizatora LDO SPX1117R3,3 z ustawionym napięciem +3,3 V. Trzeba wtedy zewrzeć zwozę JP1. Jeżeli stabilizator jest fabrycznie ustawiony na niższe napięcie lub jest w wersji z zewnętrznym ustawianym napięciem, to zwoza JP1 jest rozwarta, a napięcie wyjściowe jest ustalane rezystorami R8 i R9.

Kodek TLV320AIC1107 wymaga dwu napięć: +3,3 V dla części cyfrowej względem masy cyfrowej DVSS i +3,3 V dla części analogowej względem masy analogowej AVss. Na płycie drukowanej masy zostały rozdzielone, a napięcie +3,3 V dla części analogowej zostało rozdzielone od zasilania części cyfrowej dławikiem L1.

Działanie układu

Po włączeniu zasilania mikrokontroler inicjuje kierunek linii portów (wejście lub wyjście) i zeruje kodek oraz wyświetlacz LCD (linia RES_D). Przejście linii RES_D w stan wysoki kończy zerowanie i rozpoczyna się procedura inicjowania wyświetlacza, a po niej jest sprawdzane czy karta SD jest włożona do złącza. Jeżeli karta jest w złączu, to na styku 10 złącza wymuszony jest stan niski. Brak karty jest sygnalizowany komunikatem „No media card Insert card press any key”. Trzeba wtedy włożyć kartę i nacisnąć dowolny klawisz. Nie da się uruchomić dyktafonu bez włożonej karty.

Po włożeniu karty rozpoczyna się procedura jej inicjalizacji. Jeżeli przebiegnie prawidłowo, to wyświetlany jest komunikat „card init

ok”, jeżeli nie, to wyświetlany jest „card err press any key”. Po naciśnięciu dowolnego klawisza inicjalizacja rozpoczyna się ponownie. Dalsze działanie dyktafonu jest możliwe po prawidłowo wykonanej inicjalizacji karty. Sprawdzane jest również położenie przełącznika zabezpieczenia zapisu (styk 11 złącza) i sygnalizowane komunikatami „write enable” lub „write protect”.

W pamięci EEPROM mikrokontrolera zapisane są informacje o zapisanych ścieżkach dźwiękowych, poziomie głośności, typie karty, początku i końcu każdego nagrania. Przy pierwszym włączeniu urządzenia, kiedy pamięć nie jest zapisana uruchamiana jest procedura inicjowania pamięci wartościami początkowymi.

Po zakończeniu procedur inicjalizacji program wchodzi w pętlę główną. Wywoływane z niej i wykonywane przez dyktafon funkcje można podzielić na trzy grupy: nagrywanie ścieżki dźwiękowej, odtwarzanie nagranych ścieżek i funkcje dodatkowe.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 4,7 kΩ
R2, R3: 510 kΩ
R4, R5: 34 kΩ
R6, R7: 2,2 kΩ
R10, R11, R16, R18...R21: 10 kΩ
R17: 180 Ω

Kondensatory

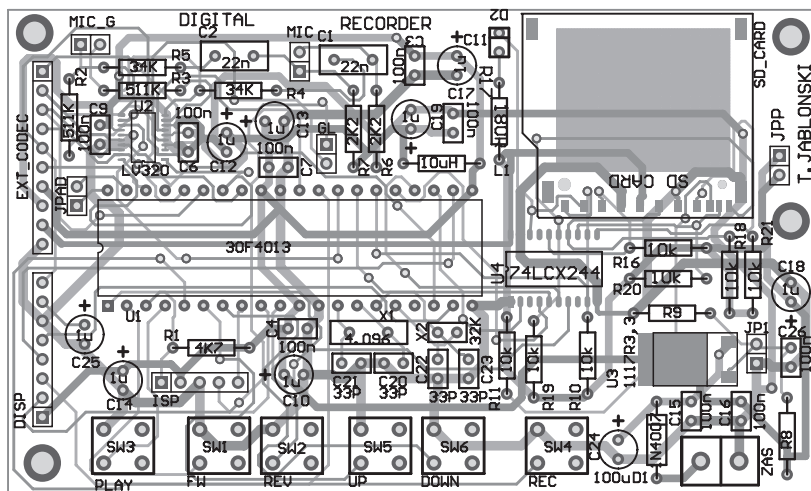
C1, C2: 22 nF
C3, C4, C6, C7, C9, C15, C16, C17, C26: 100 nF
C10...C14, C18, C19, C25: 1 µF tantalowy
C20, C21: 33 pF
C24: 100 µF

Półprzewodniki

D1: 1N4007
U1: dsPIC30F4013 zaprogramowany
U2: TLV320AIC1107
U3: 1117R3,3
U4: 74LCX244
Karta SD

Inne

L1: 10 µH
wyświetlacz telefonu Nokia 3310
X1: rezonator 4,096 MHz
SW1...SW6: mikroswitch
Listwa goldpin
Mikrofon elektretowy
Głośnik 8...32 Ω



Rys. 4. Schemat montażowy

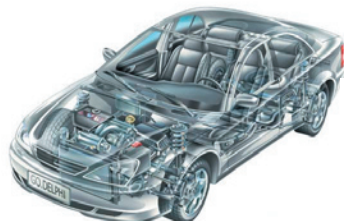
Nagrywanie ścieżki

Nagrywanie ścieżki rozpoczyna się po naciśnięciu klawisza REC. Funkcja nagrywania najpierw sprawdza protekcję zapisu i jeżeli jest włączona, to wyświetlany jest komunikat „write protect press any key”. Przcisnięcie dowolnego klawisza kończy wykonywanie funkcji nagrywania.

Jeżeli protekcja zapisu jest wyłączona, to rozpoczyna się nagrywanie i jest wyświetlany komunikat „RECORD TRACK 04 [STOP] stop”. Każda nowo nagrywana ścieżka dopisuje się na koniec listy nagrań. Jeżeli wcześniej były nagrane 3 ścieżki, to nowo nagrywana będzie miała nadany automatycznie numer 4. Możliwe jest wcześniejsze

usunięcie dowolnej ścieżki z listy nagrań, ale o tym powiem przy omawianiu funkcji dodatkowych.

Na podstawie numeru ścieżki wyliczany jest numer początkowy 512-bajtowego sektora karty SD, od którego rozpocznie się nagrywanie. W procedurze obsługi przerwania modułu DCI dane z kodeka są zapisywane do bufora, który po zapełnieniu przepisywany jest do bufora karty SD. W czasie, kiedy dane z bufora karty są zapisywane do karty SD, co trochę trwa, bufor modułu DCI zapełnia się ponownie w trakcie zgłaszania kolejnych przerwania zgłaszanych po odebraniu 4 słów z kodeka. W czasie zapisu na ekranie wyświetlacza wyświetlany jest bieżący czas nagrania i mała animacja polegająca na wyświetlaniu 2 obracających się szpilek magnetofonu. Nagrywanie można w dowolnym momencie przerwać na dowolny czas przyciskając klawisz PAUSE (DOWN). Stan zatrzymania jest sygnalizowany napisem „PAUSE TRACK 04”. Ponowne naciśnięcie klawisza RECORD wznawia nagry-



DELPHI GRUNDIG

Wieloletnie doskonalenie uczyniło nas najbardziej wszechstronnym producentem części i systemów samochodowych. Zatrudniamy prawie 200 tysięcy pracowników w prawie 200 zakładach produkcyjnych na całym świecie. Nowoczesna technologia i jakość stały się podstawą szerokiej gamy rozwiązań technicznych. W Polsce działamy już od 1995 roku. Jesteśmy laureatem nagrody dla Najlepszego Inwestora Zagranicznego, a w 2003 roku zostaliśmy uhonorowani godłem Inwestor w Kapitał Ludzki.

Do pracy w **Centrum Technicznym w Krakowie** poszukujemy osób na stanowiska:

INŻYNIER PROGRAMISTA (ref. SE)

Zakres obowiązków:

Tworzenie oprogramowania dla samochodowych systemów sterowania, multimedialnych lub nawigacji satelitarnej.

Wymagania:

- Wykształcenie wyższe (informatyka, elektronika, telekomunikacja lub pokrewne)
- Znajomość języka C lub C++

Dodatkowym atutem będzie znajomość:

- Systemów czasu rzeczywistego i systemów wbudowanych
- Technologii obiektowych oraz języka UML
- Inżynierii oprogramowania
- Cyfrowego przetwarzania sygnałów
- Systemów multimedialnych
- Pakietu Matlab

Wymagania ogólne: dobra znajomość języka angielskiego, mobilność (częste podróże służbowe), umiejętność pracy w zespole

Zaakceptowanym kandydatom oferujemy: interesującą pracę w międzynarodowym zespole, w dynamicznie rozwijającej się firmie * kontakt z najnowszymi technologiami * współpracę z największymi producentami samochodów * możliwość rozwoju i doskonalenia zawodowego * konkurencyjne wynagrodzenie i atrakcyjny pakiet socjalny * przyjazną atmosferę i bardzo dobre warunki pracy

Osoby zainteresowane prosimy o przesłanie CV i listu motywacyjnego w języku polskim i angielskim na adres:

Magda Szyndera, Delphi Poland S.A. – Centrum Techniczne, ul. Podgórci Tynieckie 2, 30-399 Kraków, e-mail: magda.szyndera@delphi.com
Prosimy o podanie w liście motywacyjnym symbolu referencyjnego.

Przesyłamy potwierdzenie otrzymania aplikacji. W przypadku braku potwierdzenia, prosimy przesłać dokumenty pocztą tradycyjną.

Uprzejmie informujemy, że kontaktujemy się tylko z wybranymi kandydatami. Na aplikacji prosimy o zawarcie następującej klauzuli: Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych zawartych w mojej ofercie pracy dla potrzeb niezbędnych do realizacji procesu rekrutacji (zgodnie z ustawą o ochronie danych osobowych z dnia 29.08.97 Dz. U. 133 Poz. 883)

wanie. Zapisywanie ścieżki kończy się po naciśnięciu klawisza STOP (UP). Do wewnętrznej pamięci EEPROM jest zapisywany początkowy i końcowy numer sektora karty SD i numer nagranej ścieżki i program wraca do menu głównego.

Odtwarzanie ścieżek

Odtwarzanie nagranych ścieżek rozpoczyna się po przyciśnięciu klawisza PLAY z menu głównego (pętli głównej). Funkcja odtwarzania sprawdza czy są jakieś ścieżki do odtwarzania. Jeżeli żadna ze ścieżek nie została wcześniej nagrana, lub wszystkie zostały usunięte, to jest wyświetlany komunikat *No track to play press any key* i program wraca do menu głównego.

Wszystkie wcześniej nagrane ścieżki wybiera się klawiszami UP (STOP) i DOWN (PAUSE) – na wyświetlaczu jest wyświetlany aktualnie wybierany numer ścieżki i całkowity czas nagrania. Odtwarzanie wybranej ścieżki rozpoczyna się po przyciśnięciu klawisza PLAY. Na podstawie numeru wybranej ścieżki wyliczany jest numer początkowy i końcowy sektorów karty SD. Na ekranie wyświetlacza jest wyświetlana informacja o numerze odtwarzanej ścieżki, bieżącym czasie nagrania i całkowitym czasie nagrania, oraz animacja obracających się szpilek magnetofonu.

Odtwarzane nagranie można „przewijać” do przodu i do tyłu naciskając klawisze FW i REV. Układ głośnika zostaje wyciszony, a postęp przewijania można określić na podstawie zmiany wyświetlanego czasu bieżącego nagrania. Funkcje przewijania pozwalają na szybkie przeszukiwanie zawartości dłuższych nagrań.

Odtwarzanie jest przerywane na dowolny czas po naciśnięciu klawisza PAUSE (DOWN), a kończone po przyciśnięciu klawisza STOP (UP), lub po odczytaniu ostatniego sektora nagrania z karty SD.

Kasowanie ścieżek

Duża pojemność karty SD umożliwia nagranie nawet kilku godzin mowy. Jeżeli będzie nagranych wiele ścieżek, to musi być możliwość zachowania tylko potrzebnych, a usunięcia zbędnych. Do tego celu jest wykorzystywana funkcja usuwania wskazanej ścieżki.

Ścieżki zapisane w pamięci SD są identyfikowane na podstawie

numerów sektorów początku i końca ścieżki. Usunięcie ostatnio zapisanej ścieżki polega tylko na zmniejszeniu o jeden maksymalnego numeru odtwarzanej ścieżki. Zapisane sektory będą dalej na karcie, ale funkcja PLAY nie będzie ich mogła odtworzyć. W momencie uruchomienia funkcji RECORD te sektory zostaną zapisane danymi nowej ścieżki.

Kasowanie ścieżki innej niż ostatnia przebiega inaczej. Najpierw jest obliczana liczba sektorów kasowanej ścieżki. Załóżmy, że ścieżek jest 4, a kasowana jest ścieżka o numerze 2. Wszystkie sektory ścieżek 3 i 4 są przepisywane tak, że za ścieżką 1 jest umieszczona bezpośrednio ścieżka 3, a po niej ścieżka 4. Obszar zajęty przez wszystkie ścieżki musi być ciągły. Po przepisaniu sektorów karty są modyfikowane zapisane w pamięci EEPROM numery początkowe ścieżki 3 i 4 tak, by wskazywały na obszary danych ścieżek po ich przepisaniu. Ścieżka trzecia staje się na liście ścieżką drugą, a ścieżka czwarta ścieżką trzecią. Po usunięciu ścieżki jest zmniejszany o jeden maksymalny numer odtwarzanej ścieżki. Trzeba pamiętać, że kasowanie ścieżek z początku listy nagrań, jeżeli z nią jest długi czas nagrania będzie trochę trwało, bo funkcja kasowania musi przepisać dużą liczbę sektorów.

Funkcja DELETE TRACK kasowania ścieżki jest wywoływana z menu funkcyjnego dyktafonu (naciśnięcie klawisza FW z menu głównego). Naciskając klawisze UP (STOP), DOWN (PAUSE) wybiera się numer kasowanej ścieżki, a po jego zaakceptowaniu pojawia się komunikat *„delete track 02 press record. play escape”*. Naciśnięcie klawisza RECORD kasuje ścieżkę, a naciśnięcie klawisza PLAY powoduje wyjście z funkcji bez jej kasowania. W czasie kasowania wyświetlany jest komunikat *„Delete track please wait”*, a po skasowaniu *„TRACK 02 REMOVED – press any key”*.

Funkcje dodatkowe

Z menu funkcyjnego można wywołać jeszcze dwie funkcje dodatkowe. Pierwsza z nich ustala pojemność karty. Po zmianie ustawionej pojemności kasowane są wszystkie ścieżki i jest inicjowana zmienna określająca maksymalny numer sektora do zapisania.

W czasie zapisu jest sprawdzane czy nie jest zapisywany sektor o numerze większym niż to wynika z zaprogramowanej pojemności karty. Jeżeli tak jest, to zapisywanie nie jest wykonywane. Trzeba tylko pamiętać by zaprogramować taką pojemność, jaką ma włożona do dyktafonu karta.

Drugą funkcją dodatkową jest funkcja INFO, która wyświetla na wyświetlaczu pojemność karty, poziom głośności, liczbę nagranych ścieżek i całkowity czas nagrania.

Uwagi końcowe

Dyktafon został zmontowany na płytce dwustronnej pokazanej na **rys. 4**. Do płytki trzeba podłączyć zasilanie, mikrofon elektretowy (trzeba zwrócić uwagę na biegunowość zasilania), głośnik i wyświetlacz (złącze DISP). Złącze ISP może zostać wykorzystane do programowania mikrokontrolera w układzie. W trakcie pracy nad programem do złącza ISP był podłączony emulator ICD2 umożliwiający we współpracy z pakietem MPALB IDE V7.1 między innymi wykonywanie krok po kroku programu, ustawianie pułapek, podglądanie zawartości zmiennych i rejestrów. Za pomocą ICD2 można również zaprogramować mikrokontroler. Program sterujący został napisany w języku C i skompilowany kompilatorem MPALB C-30 V2.01 firmy Microchip.

Użycie szybkiego 16-bitowego mikrokontrolera, a szczególnie wykorzystanie modułu DCI umożliwiło bezproblemowe wykonanie w pełni funkcyjnego cyfrowego rejestratora mowy. Konstrukcja dyktafonu nie wymagała niestety wykorzystania możliwości modułu DSP Engine, a tym samym pokazania w pełni możliwości procesora dsPIC. Oczywiście oprogramowanie można rozwijać dodając funkcję redukcji szumów lub zakłóceń z wykorzystaniem algorytmów DSP.

Oprócz wykorzystywania urządzenia jako klasycznego dyktafonu znalazło się też inne zastosowanie. W nieco zmienionej wersji dsPICOrder może służyć do edukacji i komunikacji z dziećmi upośledzonymi. W pamięci nagrywane są przez nauczyciela komunikaty skojarzone z dużym kolorowym przyciskiem dodatkowo oznaczonym piktogramem (obrazkiem). Niemówiące dziecko uczy się komunikacji z otoczeniem naciskając wybrany przycisk.

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