

Odtwarzacz MP3 z układem STA013, część 1



Przerobienie komputerowego napędu CD-ROM na odtwarzacz audio nie jest zadaniem bardzo trudnym. Bardziej skomplikowane jest odtwarzanie plików MP3, ale przykład Yamppów dowodzi, że jest to także możliwe. W artykule przedstawiamy interesujące rozwiązanie odtwarzacza MP3, o dość nietypowej - jak na polskie warunki - budowie.

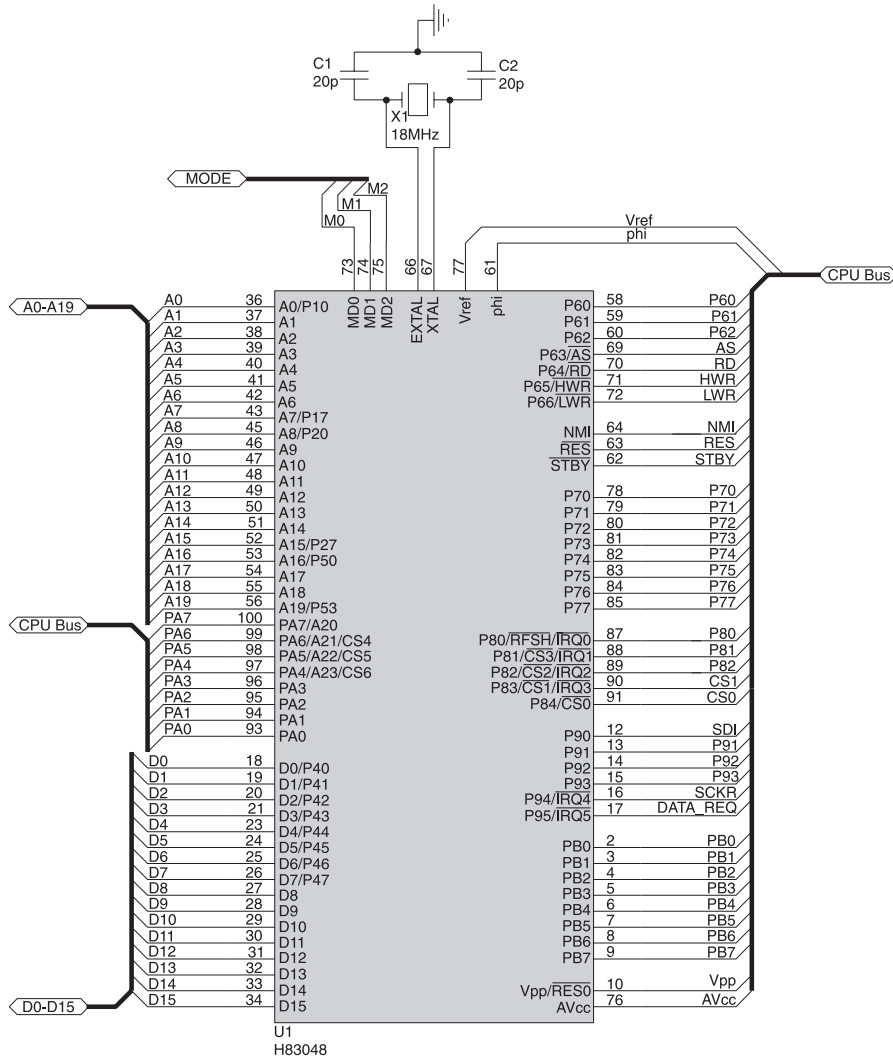
Rekomendacje: projekt prezentujący niebanalne podejście do konstrukcji elektronicznych, głównie dzięki zastosowaniu oryginalnego zestawu elementów. Jest to konstrukcja pogładowa, stąd pewne uproszczenia w jej opisie.

Korzenie standardu kodowania dźwięku MP3 leżą w czasach powstawania standardu płyt CD. Wówczas postanowiono, że cyfrowy dźwięk będzie rejestrowany jako wierna kopia sygnału analogowego (czyli naturalnego), ale tylko w paśmie do 20 kHz, bo wyższych dźwięków „normalny” *homo sapiens* i tak nie słyszy. To ograniczenie było też na rękę inżynierom, którzy nie musieli pracować nad zbyt skomplikowanymi układami elektronicznymi.

Dlaczego? Dźwięk - jak każde zjawisko - istnieje w pewnych wymiarach. Oceniamy jego głośność (fachowo: natężenie) i wysokość (częstotliwość). Tak też pokazują go najczęściej wykresy - jako amplitudę pewnych częstotliwości. Żeby zamienić sygnał analogowy na cyfrowy trzeba go próbkować: podzielić na jak najmniejsze, równe kawałki (próbki), zmierzyć wartość każdej takiej próbki według określonej skali, a wynik pomiaru zapisać w postaci cyfrowej. Dźwięk CD to 16-bitowe próbki wykonywane z częstotliwością 44,1 kHz dla każdego kanału z osobna. W jednej sekundzie powstaje więc 141,2 kb danych ($16 \cdot 44,1 \cdot 2$), co daje ok. 10 MB na minutę utworu. Nic dziwnego, że ścieżki audio CD

w postaci plików *wave* zajmują tak dużo miejsca. Należało upakować dane do maksimum, ale bez utraty jakości sygnału. Wydawało się to niemożliwe, lecz z pomocą przyszła niedoskonałość ludzkiego ucha. Teoretycznie słyszymy dźwięki z zakresu od 20 Hz do 20 kHz, więc płyta CD oferuje nam pełną skalę doznań. Jednak w rzeczywistości większość ludzi jest głucha na wszystko powyżej 16...17 kHz, choć odczuwa wysokie dźwięki samym mózgiem i ciałem. Na dodatek ucho najlepiej reaguje na pasmo 2 do 4 kHz (mowa mieści się w zakresie tzw. pasma telefonicznego - 0,5 do 3 kHz). Pozostałe dźwięki trzeba bardziej wzmocnić, by stały się słyszalne.

Dzięki kodowaniu Layer 3 możemy skompresować dźwięk CD do 12 razy bez utraty jakości i przesyłać go z sensowną szybkością (przy nawet 128 kb/s). Dlatego mimo wszystko MPEG Layer 3 jest na razie najlepszy, a na pewno najpopularniejszy. Do niedawna ów format można było odtwarzać jedynie na komputerach osobistych, lecz ostatnio coraz popularniejsze stają się sprzętowe odtwarzacze MP3.



Rys. 1. Schemat elektryczny otoczenia mikrokontrolera

Urządzenie które pragniemy zaprezentować należy do odtwarzaczy tego typu. Zamyśl konstrukcyjny był taki aby urządzenie miało charakter stacjonarny. Powodem takiego rozwiązania był brak możliwości technicznych do miniaturyzacji układu (warunki amatorskie).

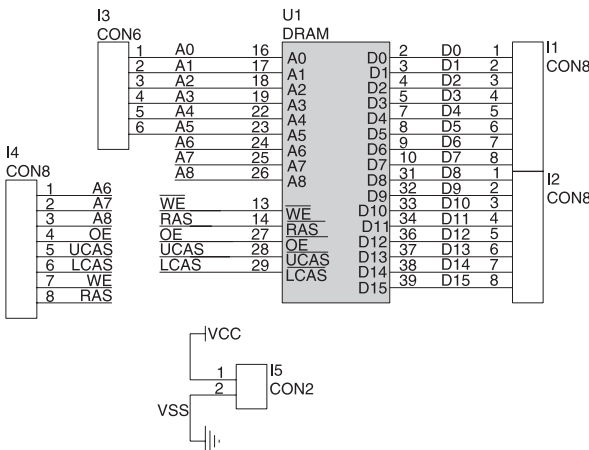
Opis układu

Urządzenie składa się z następujących części: mikrokontrolera H8/3048 (rys. 1), dołączonych do niego pamięci zewnętrznych DRAM (rys. 2) i Flash ROM (rys. 3), dekodera MP3 STA013 wraz z przetwornikiem C/A TDA1543 (rys. 4), klawiatury, wyświetlacza

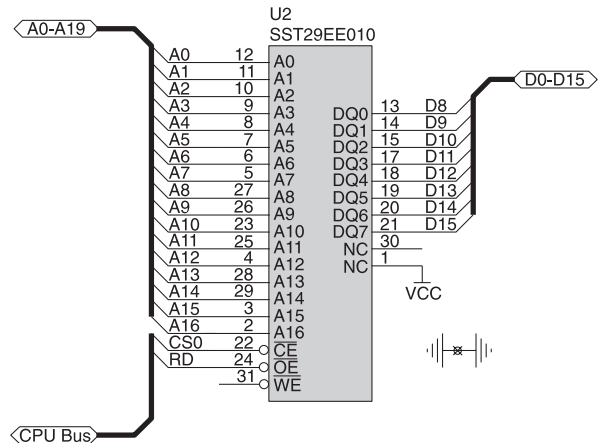
LCD 2x20 znaków oraz interfejsu IDE (rys. 5) i napędu CD. Schemat blokowy odtwarzacza pokazano na rys. 6.

„Sercem“ układu jest oczywiście mikrokontroler, który steruje wszystkimi, pozostałymi podzespołami. Kiedy zostaje włączone zasilanie w pierwszej kolejności następuje zerowanie procesora oraz układu STA013. W następnej kolejności zostaje uruchomiony program sterujący urządzeniem. Kod programu został stworzony przy użyciu asemblera. Po starcie programu zostają zainicjalizowane poszczególne podzespoły odtwarzacza.

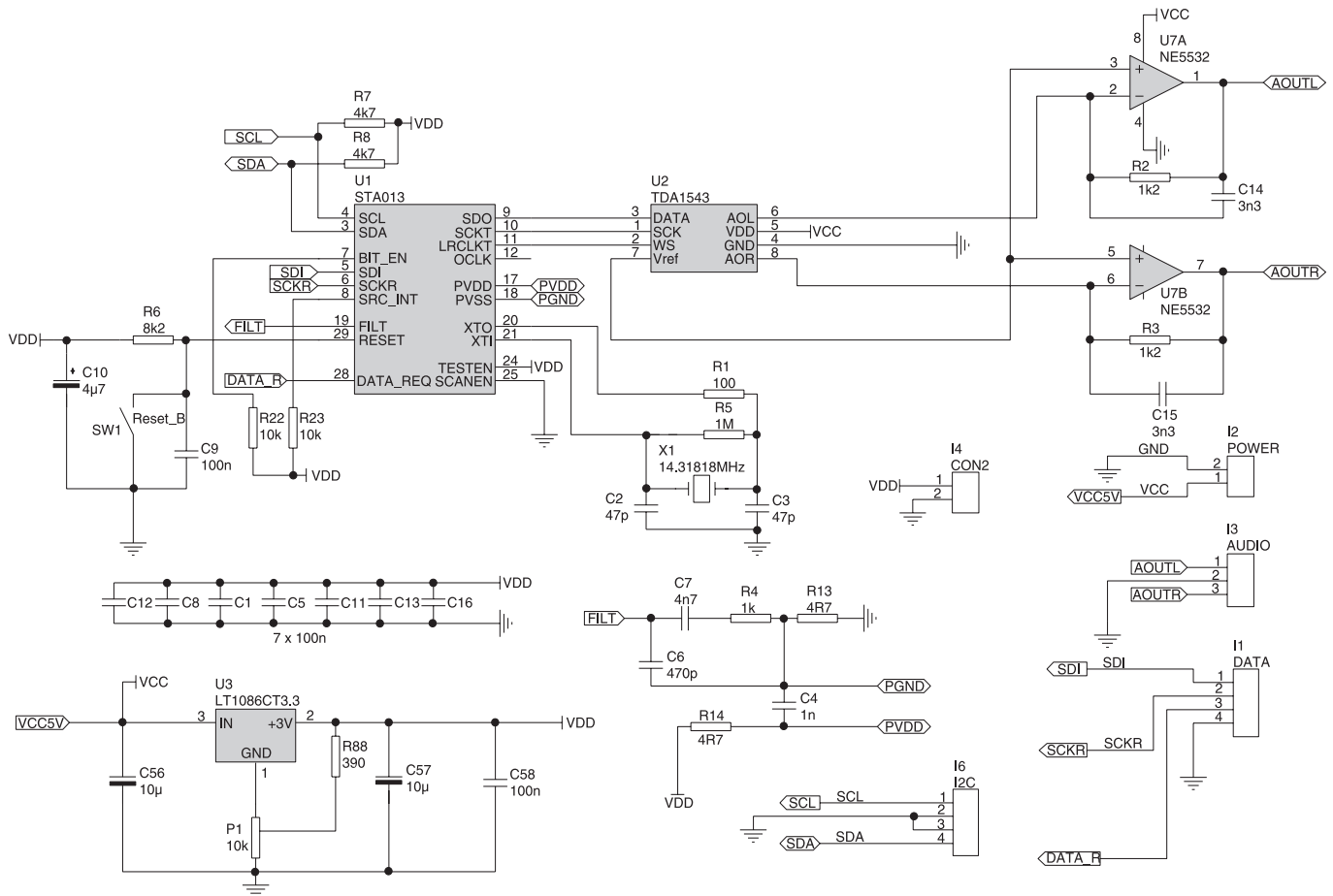
Po włożeniu płyty do napędu następuje automatyczne wyszukiwanie utworów. Po przeszukaniu zawartości płyty w pamięci DRAM są zapisywane informacje odnośnie znalezionych utworów: długość, sektor początkowy i nazwa pliku. Następnie na wyświetlaczu zostaje wyświetlona informacja odnośnie liczby znalezionych ścieżek dźwiękowych. Po tym możemy przejść do odtwarzania dźwięku. Odtwarzanie utworu zrealizowane jest w oparciu o buforowanie danych. Pewien fragment pamięci DRAM (około 400 kB) jest przeznaczony na bufor do tymczasowego przechowywania części odtwarzanego utworu. Bufor ma charakter dynamiczny tzn. na początku wczytywana jest mała porcja danych, rozpoczyna się odtwarzanie, a następnie w miarę upływu czasu zostaje wypełniany danymi do końca swojej objętości. Powodem takiego rozwiązania jest wyeliminowanie zwłoki przy przełączaniu na odtwarzanie kolejnego utworu, gdyż za każdym razem



Rys. 2. Schemat elektryczny pamięci DRAM



Rys. 3. Schemat elektryczny bloku pamięci Flash



Rys. 4. Schemat elektryczny przetwornika C/A

kiedy zmieniamy odtwarzany plik musiałaby zostać odczytana stosunkowo duża porcja danych, co wprowadzało by niepotrzebne opóźnienia. Podczas odtwarzania utworu wyświetlacz pokazuje nazwę nagrania jak również jego numer na liście. Nazwa jest odczytywana z pliku MP3, w standardzie którego przewidziano odpowiednie miejsce na tego typu informacje (TAG). Kiedy odtwarzamy dany utwór mamy również dostęp do innych funkcji związanych z regulacją głośności, tonów wysokich i niskich. Możemy również przeskakiwać pomiędzy utworami z listy, dostępna jest także funkcja *playlista*. Istnieje zatem możliwość poukładania utworów w dowolnej kolejności i odtwarzania zgodnie z listą.

Mikrokontroler H8/3048

W projekcie użyliśmy mikrokontroler firmy Hitachi (obecnie Renesans) o oznaczeniu H8/3048. Jest to jednostka posiadająca jądro zgodne ze znaną serią procesorów tej firmy H8/300H. Procesor po-

siada 32-bitową wewnętrzną architekturą, więc jest dosyć „mocny“. Jego głównym atutem, który przesądził o zastosowaniu, w projekcie to przede wszystkim mnogość portów I/O i wbudowany kontroler pamięci DRAM (do 2 MB). Jego użycie było stosunkowo łatwe, bowiem uruchomienie układu mikroprocesorowego z jego udziałem sprowadza się do podłączenia do struktury układu zegarowego i wprowadzenie odpowiedniego programu do pamięci EEPROM. Pomimo tego zaistniały pewne problemy z uruchomieniem układu, ale to będzie tematem dalszej części artykułu.

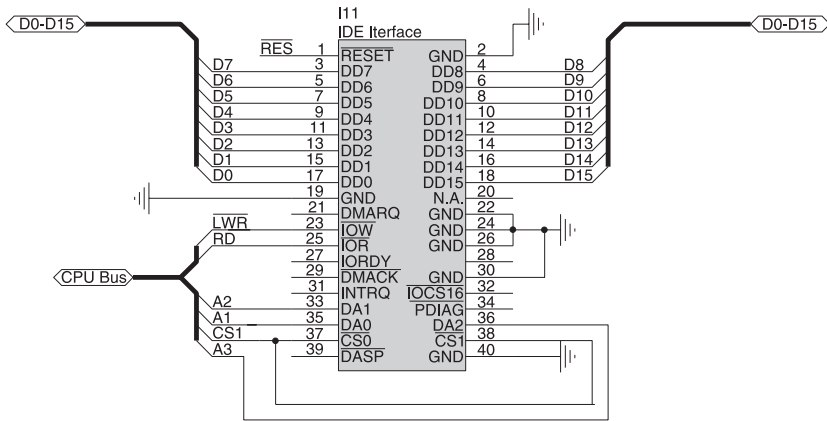
Dekoder MP3 STA013

Za jego pośrednictwem odbywa się właściwa dekompresja dźwięku. Producentem układu jest firma ST Microelectronics. STA013 to specjalizowany procesor DSP zawierający w swojej strukturze wszystkie niezbędne bloki pozwalające na dekompresję i obróbkę dźwięku podawanego na wejście układu jako ciąg liczb

zakodowany standardem MP3. Do prawidłowej pracy układ potrzebuje układu zegarowego stabilizowanego oscylatorem kwarcowym o odpowiedniej częstotliwości. Sterowanie układem odbywa się za pomocą magistrali I²C. Dane źródłowe przesyłane są do układu ze pośrednictwem magistrali szeregowej, synchronizowanej taktami zegara. Po dekompresji sygnał wyjściowy, przesyłany jest do przetwornika C/A za pomocą magistrali I²S.

Cechy charakterystyczne układu STA013 są następujące:

- jest zgodny ze standardem Layer III, ujętym w normie ISO/IEC pod numerem 11172-3 (MPEG 1 Audio),
- jest zgodny również ze standardem ISO/IEC 13818 - 3.2 (MPEG 2 Audio),
- pozwala na dekodowanie Layer III, dźwięku stereo, mono lub dwukanałowego,
- rozpoznaje i dekoduje wszystkie częstotliwości dźwięku: 48, 44,1, 32, 24, 22,05, 16, 12, 11,025, 8 kHz,



Rys. 5. Schemat elektryczny interfejsu IDE

- pozwala na dekompresję dźwięku o dowolnej częstotliwości bitowej: od 8 do 320 kb/s,
- posiada cyfrową regulację głośności, wysokich i niskich tonów,
- wbudowany szeregowy interfejs dźwiękowy,
- obsługa poprzez magistralę I²C,
- niski pobór mocy dzięki zastosowaniu technologii CMOS i napięcia zasilania 3,3 V.

Pomimo, że struktura układu jest bardzo skomplikowana, uruchomienie go jest stosunkowo proste. Po dołączeniu zasilania oraz układu zegarowego i przetwornika C/A układ jest gotowy do pracy. Za pomocą magistrali I²C możemy np. odczytać zawartość rejestru identyfikacyjnego układu, który powinien zawierać wartość ACh. Jeżeli próba z identyfikacją się powiedzie, przystępujemy do konfiguracji pracy układu poprzez wpisanie odpowiednich parametrów do rejestrów konfiguracyjnych. Wartości powyższych parametrów szczegółowo opisuje dokumentacja. Następnie wysyłamy dane wejściowe

i uzyskujemy właściwy, słyszalny dźwięk.

Spostrzeżenia i trudności podczas budowy urządzenia

Urządzenie w prototypowej wersji zostało zbudowane modułowo. Każdy moduł jest zmontowany na osobnej płytce drukowanej, a całość jest ze sobą odpowiednio połączona. Stało się tak z dwóch przyczyn. Pierwsza z nich to brak odpowiednich narzędzi do zaprojektowania i wykonania profesjonalnej płytki drukowanej z metalizacją otworów o obustronnym druku. Sprawą oczywistą jest, że taka płytka charakteryzowała by się dużą komplikacją połączeń i w warunkach domowych nie możliwe jest jej wykonanie. Drugi powód modułowości to łatwość lokalizacji ewentualnych usterek i możliwość w przyszłości dokonywania zmian konfiguracji modułów. Łatwo można zmienić np. moduł sterowania układem z zastosowaniem innego mikrokontrolera, bez konieczności przebudowy całego urządzenia.

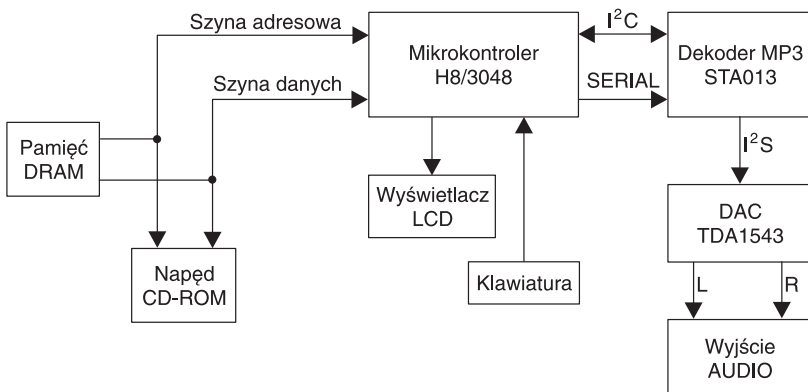
Należy również wspomnieć, że cały proces budowy składał się z konstrukcji po kolei poszczególnych modułów, a dopiero później urządzenie zostało scalone.

Jako pierwszy został zbudowany moduł dekompresji MP3. Testowo został on podłączony do portu równoległego komputera PC, na którym zastała zasymulowana magistrala I²C do sterowania dekoderm. Poprzez ów port była przesyłana porcja danych w postaci pliku MP3, a urządzenie odtwarzało dźwięk. Jednak samo odtwarzanie nie nastąpiło od razu. Należało uporać się z konfiguracją układu, ustawieniem parametrów C/A, co nie należało do rzeczy łatwych. Po uruchomieniu modułu dekodera przeszliśmy do budowy sterownika mikrokontrolera. W tym przypadku również wystąpiły problemy, które wynikały z niepoprawnego montażu elementów.

Najwięcej trudności sprawiło nam napisanie procedury obsługi CD-ROM-a. Dokumentacja opisująca standard ATAPI, jaką posiadamy, nie przedstawia jasno problemu sterowania czytnikiem płyt CD. Jednak z tym problemem również udało nam się uporać i CD-ROM zaczął w końcu odczytywać wskazane sektory. Kiedy temat odczytu danych został zrealizowany wystąpił problem przy przysyłaniu odczytanych informacji do dekodera. Chcieliśmy wykorzystać do tego celu sprzętową synchroniczną magistralę szeregową w którą wyposażony został mikrokontroler. Okazało się jednak, że bajt przesyłany tą magistralą posiada odwrotną kombinację bitów, niż kolejność akceptowana przez STA013. Należało w każdej porcji danych powracać odpowiednio bity każdego bajtu. Proces ten jest prosty do realizacji, lecz czasochłonny. Transfer danych okazał się za wolny, a efektem tego było zrywanie podczas odtwarzania utworów o strumieniu szybszym niż 160 kb/s. Problem po optymalizacji programu udało się rozwiązać.

**Leszek Bednarz
Krzysztof Lenard**

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/sierpien03.htm> oraz na płycie CD-EP8/2003B w katalogu PCB.



Rys. 6. Schemat blokowy odtwarzacza