

Skrócony opis projektu magisterskiego o tytule:

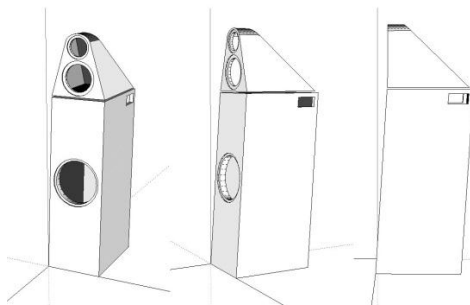
„Projekt i realizacja systemu audio opartego o procesor sygnałowy oraz kolumny głośnikowe w koncepcji linii transmisyjnej.”

Projekt został podzielony na cztery zadania:

- Zbudowanie trójdrożnych modułowych kolumn głośnikowych, gdzie głośniki niskotonowe pracować będą w obudowie typu linia transmisyjna,
- Zbudowanie bloku końcówek mocy wraz zabezpieczeniami oraz systemem monitoringu temperatur,
- Zbudowanie cyfrowego przedwzmacniacza oferującego szereg funkcji użytkowych, opartego na procesorach sygnałowych DSP,
- Wykonanie szeregu pomiarów zestawu w celu dostrojenia cyfrowych filtrów oraz w celu wykonania badań na temat wpływu geometrii linii transmisyjnej oraz jej wytłumienia na odpowiedź zestawu głośnikowego.

1. Trójdrożne modułowe kolumny głośnikowe w koncepcji linii transmisyjnej.

W ramach tego zadania zostaną zbudowane cztery kolumny, dwie zawierające głośniki średniotonowe i wysokotonowe (moduły średnio-wysokotonowe oparte na głośnikach Usher T9950 oraz Aurum Cantus AC-130Mk2) oraz dwie zawierające głośniki niskotonowe (moduły niskotonowe oparte na głośnikach Usher 8955a). Docelowy zestaw będzie stereofoniczny, gdzie prawa i lewa kolumna będą składać się z jednego modułu niskotonowego oraz jednego modułu średnio-wysokotonowego. Obudowy zostaną wykonane z mdf'u oraz płyty wiórowej, w celu ich wykończenia zostaną oklejone fornirem oraz polakierowane.



Rys. 1. Wizualizacja wyglądu kolumny. Umieszczenie głośnika oraz ujścia tunelu w module niskotonowym mogą się zmienić w wyniku przeprowadzonych badań



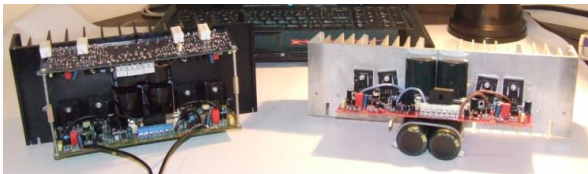
Rys. 2. Pierwszy prototyp tunelu

Obudowy modułów średnio-wysokotonowego będą typu zamkniętego, co dobrze wpłynie na szybkość odpowiedzi impulsowej głośnika średniotonowego (głośnik wysokotonowy pracuje w swojej własnej oddzielnej komorze). Obudowy modułów niskotonowych zostaną zbudowane w koncepcji linii transmisyjnej, która jest bardzo rzadko wykorzystywana w konstrukcjach zespołów głośnikowych. Wynika to z trudności w ich projektowaniu. W zwykłej obudowie typu bas-reflex z rezonatorem Helmholtza czynnikami mogącymi ulec zmianie w czasie prac projektowych są jedynie długość rezonatora oraz pojemność obudowy. W obudowie typu linia transmisyjna ilość zmiennych parametrów wpływających na końcowe działanie zestawu jest znacznie większa: umiejscowienie

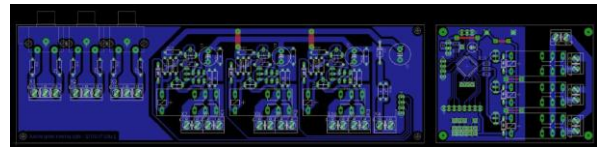
głośnika względem początku tunelu, kształt tunelu, pojemność tunelu, długość tunelu, powierzchnia początku i końca tunelu względem powierzchni czynnej membrany głośnika, rodzaj materiału wytłumiającego oraz jego umiejscowienie w tunelu. Bardzo rzadko pierwszy model tunelu jest docelowym. W tej konstrukcji zostaną zbudowane trzy różne modele, które w wyniku mojego doświadczenia w tego typu konstrukcjach zostały wstępnie wytypowane do testów. Dla każdego modelu wykonany zostanie szereg pomiarów (pomiar bliskiego pola głośnika, pomiar bliskiego pola tunelu oraz pomiar dalekiego pola tandemu głośnik-tunel) z różnymi materiałami tłumiącymi (gąbka falista, gąbka piramidki, gąbka gładka, filc) w różnych konfiguracjach. Wybór tego typu obudowy dla głośników niskotonowych podyktowane jest bardzo dobrymi warunkami pracy głośnika oraz właściwościami sonicznymi, nie spotykanymi w obudowach typu bas-reflex. Wszystkie pomiary zostaną wykonane w komorze akustycznej Politechniki Łódzkiej.

2. Blok końcówek mocy wraz zabezpieczeniami oraz systemem monitoringu temperatur.

Ponieważ cały system ma być systemem aktywnym (czyli systemem, gdzie każdy głośnik ma swoją oddzielną końcówkę mocy oraz filtry realizowane są na sygnale niskonapięciowym, w przeciwieństwie do klasycznych rozwiązań, gdzie końcówki mocy są dwie, po jednej na kolumnę a filtry realizowane są na już wzmacnionym sygnale) konieczne jest zbudowanie sześciu końcówek mocy. Zdecydowałem się na wykorzystanie końcowych tranzystorów bipolarnych firmy Toshiba, dedykowanych do układów audio. W końcówkach mocy zawarte są zabezpieczenia termiczne oraz zwarciovowe a także układ opóźnionego załączania i układ szybkiego wyłączenia.



Rys. 3. Złożone, wyregulowane i uruchomione końcówki mocy.



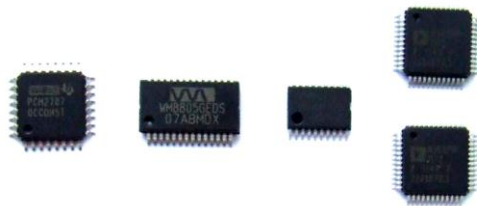
Rys. 4. Zaprojektowane PCB układu zabezpieczeń przed napięciem stałym oraz układu monitoringu temperatur i sekwencyjnego załączania transformatorów zasilających.

Dodatkowo na oddzielnym PCB umieszczone zostaną zabezpieczenia przed napięciem stałym na wyjściach głośnikowych. Każda para końcówek mocy (jedna para na jednym PCB) zasilana będzie oddzielnym transformatorem. Transformatory załączane będą sekwencyjnie z opóźnieniem. Odpowiedzialnym za to będzie układ na mikrokontrolerze ATmega8, który dodatkowo będzie zbierał informacje z czujników temperatur radiatorów (3 sztuki DS18B20) oraz będzie odpowiedzialny za komunikację z cyfrowym przedwzmacniaczem.

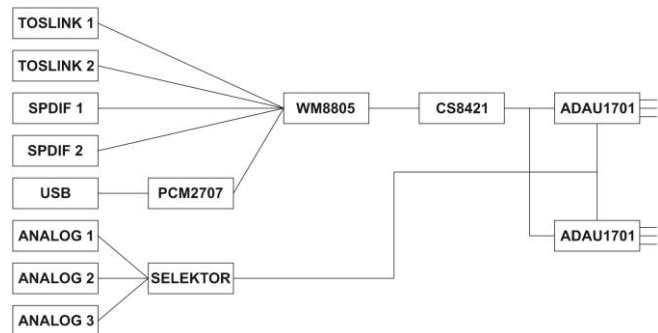
3. Cyfrowy przedwzmacniacz oferujący szereg funkcji użytkowych, oparty na procesorach sygnałowych DSP.

Przedwzmacniacz ma oferować typowe funkcje użytkowe znane z popularnych zestawów audio, takie jak: obsługa pilotem, funkcja budzenia o czasie, funkcja wyłączenia po zadany czasie, wizualizacja nastaw na wyświetlaczu graficznym 240x128 pkt. Płyta czołowa przedwzmacniacza zostanie wykonana na oddzielnym PCB, gdzie zawarte zostaną enkodery inkrementalne do obsługi ręcznej oraz wyświetlacz graficzny zarządzany oddzielnym mikrokontrolerem z rodziny STM32, połączony z mikrokontrolerem centralnym poprzez port UART. Dzięki takiemu rozwiązaniu zmniejszona zostanie ilość połączeń pomiędzy mikrokontrolerem centralnym a płytą czołową, ułatwi to także napisanie programu.

Wejścia dźwięku do przedwzmacniacza zostaną zrealizowane na cztery sposoby: link USB (PCM2707), dwa wejścia cyfrowe SPDIF, dwa wejścia cyfrowe optyczne TOSLINK, trzy wejścia analogowe. W torze cyfrowym wykorzystane zostaną następujące układy: WM8805 (odbiornik SPDIF z selektorem 1 z 8), CS8412 (układ resamplingu próbek do stałej częstotliwości 48kHz), dwa procesory DSP (po jednym na kolumnę) ADAU1701 do utworzenia zestawu cyfrowych filtrów. Procesory te zostały wybrane z powodu wbudowanych przetworników analogowo-cyfrowych na wejściu (wykorzystany zostanie jeden z dwóch przetworników ADC) oraz przetworników cyfrowo-analogowych na wyjściu (wykorzystane zostaną trzy z czterech przetworników). Dzięki temu nie ma konieczności stosowania takich układów w pracy.



Rys. 5. Zakupione układy cyfrowego toru audio, od lewej: PCM2707, WM8805, CS8412, 2 szt. ADAU1701.



Rys. 6. Schemat blokowy połączeń sygnałów audio.

Selektor wejść analogowych (1 z 3) zostanie zrealizowany na przełącznikach sygnałowych typu DPDT. Funkcje związane z czasem zostaną zrealizowane na podstawie wskazań zegara czasu rzeczywistego DS1307.

Całością zarządzać będzie mikrokontroler centralny, w tej chwili jeszcze nie wybrany.

4. Pomiary zestawu w celu dostrojenia cyfrowych filtrów oraz w celu wykonania badań na temat wpływu geometrii linii transmisyjnej oraz jej wy tłumienia na odpowiedź zestawu głośnikowego.

Część tego zadania zostanie wykonana podczas badań oraz poszukiwań najbardziej odpowiedniej konfiguracji oraz wy tłumienia tunelu linii transmisyjnej.

Po zbudowaniu docelowych obudów zespołów głośnikowych oraz po zaprojektowaniu i wykonaniu wszystkich układów elektronicznych (blok końcówek mocy, przedwzmacniacz cyfrowy) ostatnim, najważniejszym etapem będzie wykonanie zestawu cyfrowych filtrów w celu ostatecznego dostrojenia systemu. Filtry te zostaną dobrane na podstawie pomiarów (aby wziąć pod uwagę charakterystyki przenoszenia głośników) oraz odsłuchów.

Szacuję, że liczba wszystkich pomiarów (z prac nad tunelem oraz z dostrajania filtrów) będzie większa od dwustu.

5. Podsumowanie

W dużym uproszczeniu projekt można przedstawić z punktu widzenia sygnału audio, który wchodzi do przedwzmacniacza (w dowolnej formie cyfrowej lub analogowej), następnie za pomocą filtrów cyfrowych jest rozdzielany na sześć różnych sygnałów (odpowiednich dla głośników) i podawany na sześć końcówek mocy, gdzie jest wzmacniany i przesyłany oddzielnie do każdego z głośników, które to znajdują się w specjalnie dla nich zaprojektowanych i zbudowanych obudowach.