



AGH

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,
INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ**

KATEDRA METROLOGII I ELEKTRONIKI

Praca dyplomowa inżynierska

*Układ do tłumienia zakłóceń z otoczenia
Circuit for surrounding noise cancellation*

Autor:

Piotr Ziębiński

Kierunek studiów:

Mikroelektronika w Technice i Medycynie

Opiekun pracy:

dr hab. inż. Krzysztof Kasiński

Kraków, 2019

Uprzedzony o odpowiedzialności karnej na podstawie art. 115 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (t.j. Dz.U. z 2006 r. Nr 90, poz. 631 z późn. zm.): „Kto przywłaszcza sobie autorstwo albo wprowadza w błąd co do autorstwa całości lub części cudzego utworu albo artystycznego wykonania, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do lat 3. Tej samej karze podlega, kto rozpowszechnia bez podania nazwiska lub pseudonimu twórcy cudzy utwór w wersji oryginalnej albo w postaci opracowania, artystycznego wykonania albo publicznie zniekształca taki utwór, artystyczne wykonanie, fonogram, wideogram lub nadanie.”, a także uprzedzony o odpowiedzialności dyscyplinarnej na podstawie art. 211 ust. 1 ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (t.j. Dz. U. z 2012 r. poz. 572, z późn. zm.): „Za naruszenie przepisów obowiązujących w uczelni oraz za czyny uchybiające godności studenta student ponosi odpowiedzialność dyscyplinarną przed komisją dyscyplinarną albo przed sądem koleżeńskim samorządu studenckiego, zwanym dalej «sądem koleżeńskim».”, oświadczam, że niniejszą pracę dyplomową wykonałem(-am) osobiście i samodzielnie i że nie korzystałem(-am) ze źródeł innych niż wymienione w pracy.

Serdecznie dziękuję mojemu promotorowi za pomoc i podpowiedzi przy tworzeniu pracy

Spis treści

1. Wstęp.....	7
2. Dźwięk.....	9
2.1. Ogólna charakterystyka fal dźwiękowych.....	9
2.2. Fale dźwiękowe jako zagrożenie dla zdrowia człowieka	10

1. Wstęp

Otoczający nas świat jest pełen dźwięków pochodzących z różnych źródeł. Możemy wyróżnić dźwięki powszechnie uważane za przyjemne dla ucha, jak ćwierkanie ptaków oraz te nieprzyjemne jak dźwięk wiercenia. Narażenie na nadmierny hałas jest w dużej mierze zależne od naszego miejsca pracy. Pracownika biurowego będą irytować samochody słyszane przez uchylone okno, a dla robotnika pracującego przy kładzeniu asfaltu ruchliwa droga to normalny dźwięk otoczenia. Ze względu na charakter pracy, w poziom dźwięku w pomieszczeniach biurowych reguluje polska norma "Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku na stanowisku pracy"[1]. Mimo to obaj pracownicy są równie narażeni na skutki przebywania w ciągłym hałasie.

Wystawienie na zbyt wysoki poziom ciśnienia akustycznego prowadzi do rozdrażnienia, zmęczenia, a w konsekwencji do uszkodzenia słuchu. Z tego powodu tworzone są różne rozwiązania pozwalające polepszyć samopoczucie i chronić słuch.

Fala akustyczna jest falą mechaniczną, dlatego można ją stosunkowo łatwo tłumić bez użycia elektroniki. Takie rozwiązanie ma jednak swoje wady. Słuchawka musi być duża i ciężka, żeby zmieścić jak najwięcej materiału tłumiącego, a sama metoda działa dobrze dla częstotliwości od 20Hz do 800Hz i tłumi do 30dB[2]. Z pomocą przychodzą układy elektroniczne służące do aktywnego tłumienia zakłóceń, czyli nakładania fali przesuniętej w fazie o 180° na oryginalny dźwięk. Te z kolei dzielą się na cyfrowe oraz analogowe. Różnica polega na tym, że pierwsze oprócz innych elementów, jak wzmacniacze, korzystają też z przetworników i algorytmów do przetwarzania sygnałów.

Praktyczne zastosowania różnych technik tłumienia fal akustycznych można wymieniać bez końca. Są to między innymi:

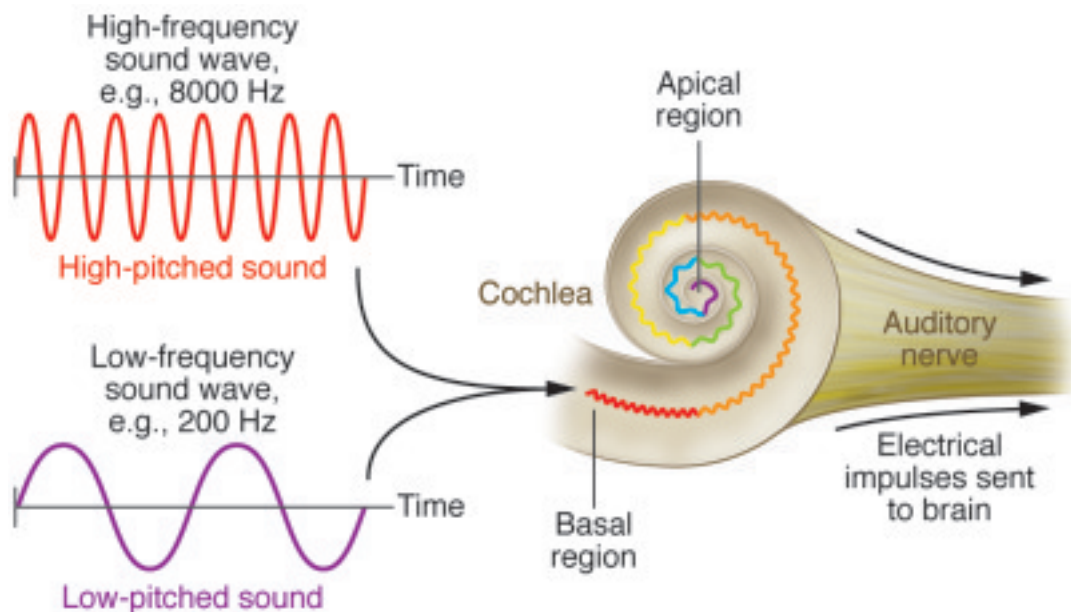
- przydrożne ekrany dźwiękochłonne
- ochronniki słuchu ogólnego zastosowania
- słuchawki multimedialne z ANC (ang. *Active Noise Cancelling* - Aktywne Tłumienie Szumu)
- systemy wyciszania w pojazdach
- strzeleckie ochronniki słuchu

W mojej pracy skupiłem się na tych ostatnich. Postanowiłem zaprojektować, zaprogramować i zbudować słuchawki taktyczne, które w normalnych warunkach przepuszczają dźwięki z zewnątrz i umożliwiają normalny odbiór dźwięków otoczenia, a w razie wystąpienia niebezpiecznie dużych natężeń - wytłumiają aktywnie, chroniąc słuch.

2. Dźwięk

2.1. Ogólna charakterystyka fal dźwiękowych

Dźwięk jest wrażeniem słuchowym, powodowanym przez fale akustyczne, które są falami mechanicznymi. W ludzkim uchu ich odbiór odbywa się przez zmiany ciśnienia płynu, którym wypełniony jest ślimak (patrz rys. 2.1). Powodują one podrażnianie rzęsek, które z kolei przekazują impulsy elektrochemiczne do mózgu. Im mniejsza częstotliwość fali, tym dalej dociera i na tej podstawie mózg potrafi rozróżniać częstotliwości. Dla człowieka słyszalne są fale z zakresu ok. 20Hz - 20kHz, choć górna granica maleje z wiekiem przez stopniową degradację najbardziej zewnętrznych rzęsek (a więc odpowiadających za najwyższe częstotliwości).[3]



Rys. 2.1. Odbiór fal dźwiękowych w ślimaku ludzkiego ucha

Dźwięk można opisać kilkoma podstawowymi parametrami:

- wysokość (częstotliwość fali)
- głośność (amplituda fali)
- barwa (skład widmowy)

– czas trwania

2.2. Fale dźwiękowe jako zagrożenie dla zdrowia człowieka

Głównym, choć nie jedynym, parametrem dźwięku, który determinuje jego szkodliwość jest amplituda fali, czyli ciśnienie akustyczne. W tabeli ?? przedstawiono sytuacje, w których występuje określony poziom natężenia.

Natężenie [dB]	Sytuacja
130	Młot pneumatyczny
120	Klakson z odległości 1m
110	Lotnisko
100	Przejazd pociągu
90	Wnętrze autobusu
80	Zatłoczona ulica
70	Konwersacja
60	Salon z cichą muzyką
50	Biuro
40	Sypialnia
30	Studio nagraniowe
20	Studio radiowe
10	Próg słyszalności

Tabela 2.1. Poziomy natężenia dźwięku[4]

Amerykańska agencja federalna NIOSH (ang. *National Institute for Occupational Safety and Health*) zajmuje się badaniem i zapobieganiem chorobom związanym z pracą. Wydała ona dokument[5], w którym przedstawiono bezpieczny czas wystawienia na określone poziomy ciśnienia akustycznego.

Natężenie [dB]	Maks. czas [h]
127	00:00:01
118	00:00:14
109	00:01:53
100	00:15:00
91	02:00:00
82	16:00:00

Tabela 2.2. Maksymalny czas wystawienia na określone poziomy natężenia [4]

Bibliografia

- [1] *Polska norma PN-N-01307:1994 "Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku na stanowisku pracy".* 1994.
- [2] *Active Noise Cancellation - Sennheiser NoiseGard™ hybrid technology.* Sennheiser electronic GmbH & Co. KG.
- [3] Stanisław Chrząszcz. *Jak Słyszymy?* (audioton.republika.pl)
<http://web.archive.org/web/20110920161806/http://audioton.republika.pl/uch>
2002 - 2013.
- [4] Dave Sather. *SOUND PRESSURE LEVEL CHART*
<https://thewellcommunity.org/podcasts/engineering/sound-pressure-level-chart>
2012.
- [5] *Occupational Noise Exposure.* U.S. Department of Health i Human Services. 1998.