

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
WYDZIAŁ ELEKTRONIKI

KIERUNEK: Automatyka i Robotyka (AIR)
SPECJALNOŚĆ: Robotyka (ARR)

**PRACA DYPLOMOWA
INŻYNIERSKA**

Wyznaczanie kierunku przylotu sygnału
akustycznego z zastosowaniem systemu
mikrofonów

Determination of the direction of acoustic signal
arrival using a microphone system

AUTOR:
Paweł Rachwalski

PROWADZĄCY PRACĘ:
dr inż. Bogdan Kreczmer. PWr, I-6

OCENA PRACY:

*Pracę tę dedykuję rodzicom, w po-
dziękowaniu za wsparcie i wiarę w
moje możliwości*

Spis treści

1	Wstęp	3
2	Analiza problemu	5
2.1	Nulla quis enim ut erat rutrum feugiat	5
3	Specyfikacja projektu	7
3.1	Matryca mikrofonów	7
3.2	Generator obwiedni	8
3.3	Mikrokontroler	9
	Bibliografia	9

Rozdział 1

Wstęp

Wstępwstepepepepepepepepepepppeepep

Rozdział 2

Analiza problemu

Analaliza

2.1 Nulla quis enim ut erat rutrum feugiat

Nulla quis enim ut erat rutrum feugiat. Suspendisse lacinia tempor mi. Vestibulum nec lacus sed est rutrum cursus. Cras ultrices est eget pede. Sed ullamcorper ultrices tellus. Nulla lectus. Nunc consectetur, quam quis sagittis vulputate, dui leo molestie augue, a commodo tellus tortor a turpis. Nam et ipsum. Ut placerat aliquet enim. Suspendisse potenti. Etiam volutpat tortor in mauris. Praesent dapibus congue arcu.

In hac habitasse platea dictumst. In pulvinar, leo sit amet placerat laoreet, metus metus porttitor mi, vitae nonummy nisi sem eget sapien. In velit velit, pellentesque ac, luctus vel, ornare malesuada, leo. Nunc quis sapien. Vivamus risus justo, faucibus sit amet, varius et, bibendum at, tortor. Quisque in arcu sit amet velit faucibus dignissim. Phasellus dapibus ante non risus. Nunc magna turpis, vehicula quis, egestas sit amet, accumsan sit amet, lorem. Curabitur eu felis in ligula elementum luctus. Aenean porttitor dui sed tellus ultrices vestibulum. Morbi neque.

- Mauris nonummy lorem at orci.
- Donec accumsan aliquam libero.
- Donec fringilla ultricies diam.
- Nulla venenatis est non ligula.
- Morbi in mi convallis dolor accumsan egestas.
- Sed euismod nibh in nulla.
- Sed rhoncus lorem at lectus.
- Pellentesque fermentum rutrum dui.

Proin euismod. Curabitur adipiscing ipsum ac augue. Maecenas hendrerit tortor non velit suscipit laoreet. Aenean tempus. Nunc convallis. Aenean sed erat. Etiam massa nulla, interdum pretium, faucibus nec, sollicitudin vitae, lorem. Quisque vulputate cursus pede. Phasellus enim ipsum, lacinia vel, sodales ac, faucibus et, tortor. Aliquam hendrerit. Aliquam erat volutpat. Quisque dui lorem, placerat eu, commodo et, condimentum sed,

nibh. Nulla eu orci in nibh pretium tincidunt. Pellentesque mi massa, fringilla eu, vehicula consectetur, sodales a, nisi.

Vivamus ut risus in quam porttitor venenatis. Phasellus iaculis enim id pede. Etiam aliquam vehicula nibh. Cras congue dui. Mauris velit. Morbi eu magna nec ligula laoreet cursus. In pulvinar dui a urna. Morbi commodo. Cras non tortor in lorem fringilla volutpat. Duis et turpis. Quisque sit amet massa. Aliquam et metus eget lectus venenatis egestas. Nulla facilisi. Nulla tellus arcu, mollis eget, nonummy non, sollicitudin id, tellus.

Quisque pretium eleifend turpis. Nulla ut pede gravida ante iaculis convallis. Quisque luctus, eros a varius rutrum, ligula ligula venenatis nisi, ut nonummy nisl ipsum vitae est. Etiam mauris risus, blandit ac, placerat id, varius consectetur, pede. Fusce cursus diam a arcu. Pellentesque luctus turpis. Sed tortor. Sed eget arcu. Maecenas sed leo eget nunc fringilla ornare. Aenean purus justo, tristique eu, iaculis a, convallis in, augue. Nam feugiat magna eu magna.

Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec justo diam, auctor vitae, consectetur sed, aliquet non, lectus. Suspendisse id lectus. Integer fermentum metus non felis. Praesent dui augue, auctor non, congue sed, aliquam vel, quam. Fusce et ligula dignissim sapien congue scelerisque. Phasellus tincidunt. Aliquam tempus, leo sollicitudin commodo aliquam, neque nisl nonummy ante, ac tristique lacus odio nec libero. Cras nec nisl sed erat commodo eleifend. Vivamus tellus. Fusce nec nibh ut neque malesuada feugiat. Nam molestie volutpat lacus. Aliquam sollicitudin nunc at turpis. Maecenas lectus quam, aliquam nec, aliquet eget, porta non, massa. Duis viverra nonummy mauris.

Rozdział 3

Specyfikacja projektu

System składa się z trzech bloków:

- Blok matrycy czterech mikrofonów.
- Blok odpowiedzialny za wygenerowanie i filtrację obwiedni sygnału.
- Blok mikrokontrolera.

3.1 Matryca mikrofonów

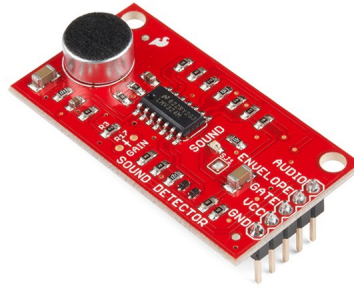
Projekt nie przewidywał budowy matrycy mikrofonów wraz z konstrukcją toru wzmocnienia, dlatego zdecydowano się na zakup gotowego rozwiązania. Na rynku dostępny jest duży wybór czujników mikrofonowych wraz z dedykowanymi układami wzmacniaczy, dwa z nich zdawały się być najbardziej odpowiednie.

Pierwszym z nich jest detektor dźwięku SEN-14262 produkowany przez firmę SparkFun[Rysunek 3.1], posiada on mikrofon elektretowy o zakresie częstotliwości od 100Hz do 10000Hz. Za wzmocnienie sygnału mikrofonowego odpowiada układ LMV324 z możliwością zmiany wzmocnienia od 20dB do 60 dB, podstawowo wartość ta jest usatwiona na 40 dB. Cały moduł posiada aż trzy niezależne wyjścia:

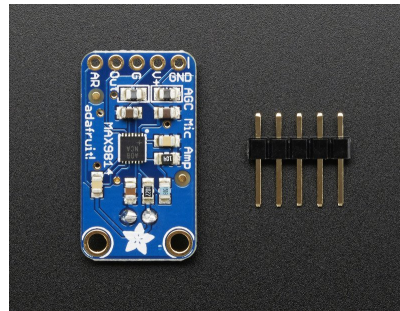
- Audio - analogowy sygnał audio.
- Envelope - analogowy sygnał umożliwiający pomiar amplitudy sygnału
- Gate - sygnał cyfrowy pozwalający na detekcję przekroczenia ustalonego poziomu amplitudy.

Drugie rozwiązanie to moduł czujnika dźwięku ze wzmacniaczem MAX9814 produkowany przez firmę Adafruit[Rysunek 3.2], w jego skład wchodzi mikrofon elektretowy umożliwiający pomiary w zakresie 20Hz-20000Hz. Tor wzmocnienia czujnika jest oparty o układ MAX9814, który oferuje takie możliwości jak:

- AGC(Auto Gain Control) czyli automatycznie zmienne wzmocnienie zależne od poziomu natężenia sygnału wejściowego.
- Zmienne maksymalne wzmocnienie sygnału 40dB-50dB-60dB.
- Ustawienie współczynnika Attack/Release
- sygnał wyjściowy na poziomie 2Vpp



Rysunek 3.1 SparkFun SEN-14262

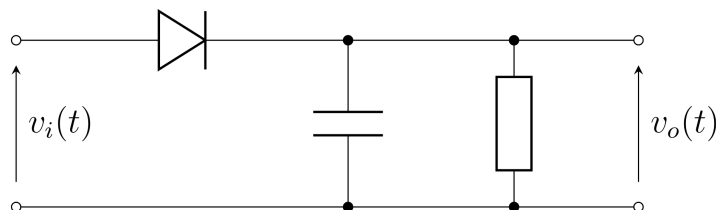


Rysunek 3.2 Adafruit MAX9814

Ostatecznie wybrano rozwiązanie zaproponowane przez firmę Adafruit, ze względu na automatyczną kontrolę wzmocnienia, możliwość regulowania współczynnika Attack/Release oraz o wiele korzystniejszą wartość współczynnika zawartości harmonicznych THD który w układzie MAX9814 dla częstotliwości 1kHz plasuje się na poziomie poniżej 0,1%, dodatkowo MAX9814 posiada o wiele niższą gęstość szumów.

3.2 Generator obwiedni

Czujnik firmy Adafruit nie posiada wyjścia umożliwiającego pomiar amplitudy dlatego konieczne jest skonstruowanie zewnętrznego układu odpowiadającego za generowanie obwiedni, rozwiązanie to podyktowane jest chęcią pominięcia złożonych obliczeń na mikrokontrolerze związanych z transformatą Hilberta. Zastosowano prosty detektor obwiedni.



Rysunek 3.3 Schemat detektora obwiedni

Dioda umożliwia przepływ prądu tylko jeśli zacisk wejściowy ma potencjał wyższy niż zacisk wyjściowy, kondensator gromadzi ładunek na zboczu narastającym następnie powoli uwalnia go przez rezystor gdy wzgórze opada co w efekcie pozwala uzyskać filtr górnoprzepustowy. Do zbudowania układu użyto diody 1N914 ze względu na jej dużą szybkość przełączania, wysoką przewodność oraz niezawodność.

3.3 Mikrokontroler

Kolejnym krokiem przetwarzania sygnału uzyskanego z matrycy mikrofonów jest jego spróbkowanie oraz konwersja do postaci cyfrowej, aby niepotrzebnie nie zwiększać ilości części w układzie elektronicznym zdecydowano się na zastosowanie przetwornika ADC który będzie jednym z peryferiów mikrokontrolera. Przy projektowaniu systemu brano pod uwagę głównie mikrokontrolery firmy STM32 ze względu na:

- Generator szkieletu projektu CubeMX który przyspiesza pracę związane z konfiguracją.
- Wiele darmowych narzędzi oraz przejrzyste IDE SW4.
- Biblioteki HAL ułatwiającą pracę z peryferiami.
- Prostotę debuggowania przy pomocy STM studio.

Poszukiwania zawężono do mikrokontrolerów z rodziny F4, ponieważ są one oparte na rdzeniu CortexM4 pozwalającym na szybką pracę z jednostkami zmiennoprzecinkowymi oraz szybkie obliczenia dzięki wysokiemu taktowaniu rdzenia. Finalnie wybór padł na jednostkę STM32F446RET6, jej zalety szczególnie przydatne przy danym projekcie to:

- Częstotliwość taktowania do 180Mhz.
- Trzy przetworniki ADC o rozdzielczości 12 bitów.
- 16- strumieniowy kontroler DMA.
- 6 interfejsów UART, które pozwolą na jednoczesne monitorowanie każdego z mikrofonów przy przeprowadzaniu testów.
- 128kB pamięci RAM.