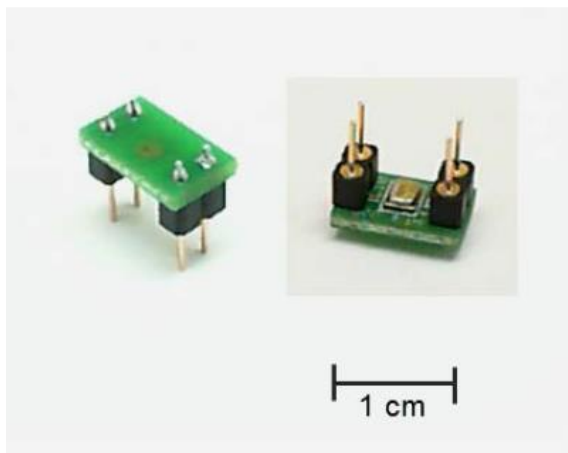


## 34. Mikrofon MEMS

(MEMS Microphone)

**Wykonaj Projekt:** Mikrofon MEMS (Micro Electro-Mechanical Sensor).



**Rysunek 34-1:** Mikrofon MEMS, z zestawu EmbeddedSystemsKit dla NiMyRio.

Mikrofon **MEMS** **M**icro **E**lectro-**M**echanical **S**ensor. Ten mikrofon to akustyczny czujnik m.in. do nagrywania sygnału audio i monitorowania poziomu hałasu. Na Rysunku 34-1; pokazano mikrofon firmy Analog Devices typu ADMP504. Łatwo można kupić urządzenie zwane mikrofon **MEMS** **M**icro **E**lectro-**M**echanical **S**ensor, *mikro elektro-mechaniczny czujnik*. Opisany mikrofon to zintegrowany na jednej płytce i w jednej obudowie DIL, układ ze wzmacniaczem. Znajduje on zastosowanie m.in. w SmartFonach. Można go wykorzystać w wielu projektach z elektroniki, fizyki i robotyki.

**Cele nauczania:** po starannym wykonaniu zalecanych w tym rozdziale działań z pewnością potrafiś:

- 1) Opisać właściwości wyjściowe mikrofonu MEMS ADMP504,
- 2) Odfiltrować składową stałą na wyjściu mikrofonu,
- 3) Wzmacniać sygnał mikrofonowy za pomocą wzmacniacza operacyjnego,
- 4) Odczytywać sygnał mikrofonowy wejściem analogowym układu.

### 34.1. Pokazy

**Wykonaj kolejne czynności:** wiodące do pokazu prawidłowego działania wykonanego interfejsu: mikrofon MEMS-NiMyRio.

**Wybierz:** ze zbioru elementów EmbeddedSystemsKit dla NiMyRio, następujące składniki interfejsu:

- ADMP504 mikrofon o ultra niskim poziomie szumów,

<http://www.analog.com/ADMP504>

- OP37 niskoszumowy precyzyjny, szybki wzmacniacz operacyjny,

<http://www.analog.com/OP37>

- AD8541 *RailToRail* wzmacniacz operacyjny,

<http://www.analog.com/AD8541>

- Dyskowy, kondensator ceramiczny, 0,1  $\mu$ F, oznakowanie **104**,

<http://www.avx.com/docs/Catalogs/class3-sc.pdf>

- Kondensator elektrolityczny 1,0  $\mu$ F,

<http://industrial.panasonic.com/www-data/pdf/ABA0000/ABA0000CE12.pdf>

- Rezystor, 10  $k\Omega$  (3 szt.)
- Rezystor, 100  $k\Omega$
- 3,5 mm, stereo kabel audio (dostarczony z NiMyRio)
- Zaciski testowe (2 szt.)
- UPM Uniwersalną Płytkę Montażową
- PP Przewody Połączeniowe M-F (5 szt.)

**Zbuduj obwód interfejsu:** Zapoznaj się z schematem i zalecanym układem połączeń przedstawionym na Rysunku 34-3. Obwód interfejsu wymaga czterech połączenia ze złączem B i C NiMyRio, (Rysunki A-1 i A-2):

- 1) (+) 15-woltowy zasilacz  $\rightarrow$  C/+ 15 V (pin 1)
- 2) (-) 15-woltowy zasilacz  $\rightarrow$  C/-15 V (pin 2)
- 3) (+) 3,3 V zasilacz  $\rightarrow$  B/+ 3,3 V (pin 33)
- 4) Masa  $\rightarrow$  C/AGND (pin 3)
- 5) Wyjście MIC  $\rightarrow$  AUDIO IN

Połącz kablem stereo zakończonym złączem *3,5 mm audio Jack* mikrofon z wejściem NiMyRioAUDIO IN. Wykorzystaj zaciski testowe do podłączenia innego mikrofonu końcówką (lewy kanał) do wyjścia mikrofonowego, a tuleją zewnętrzną do uziemienia; (zob. Rysunek 34-2). Alternatywnie można zbudować obwód interfejsu przeznaczonego do bezpośredniego podłączenia do wejścia analogowego MXP; (zob. Rysunek 34-4). Ta wersja Projektu wymaga pięciu połączeń ze złączem B NiMyRioMXP (Rysunek A-1):

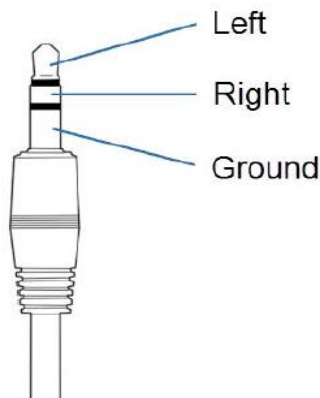
1. (+) 5 woltowy zasilacz  $\rightarrow$  B/+ 5 V (pin 1)
2. Masa  $\rightarrow$  B/GND (pin 6)
3. (+) 3,3 V zasilacz  $\rightarrow$  B/+ 3,3 V (pin 33)

4. Masa → B/GND (pin 30)
5. Wyjście wzmacniacza (mic) → B/AIO (pin 3)

#### Uruchom pokaz VI:

- **Pobierz:** <http://www.ni.com/acadmic/mrio/project-guide-vis.zip>, jeśli tego nie zrobiłeś wcześniej, to rozpakuj pobraną zawartość w dogodnej lokalizacji swojego komputera.
- **Otwórz Projekt:** *Discrete LED demo.hproj*; zawarty w podkatalogu: *Discrete LED demo*,
- **Rozwiń przycisk hierarchii:** (znak plus), dla obiektu *myRIO*, następnie podwójnym kliknięciem otwórz: *Main.vi*.
- **Upewnij się, że:** *NiMyRio* jest podłączone do komputera.
- **Uruchom VI:** klikając przycisk: *Run* na pasku narzędzi lub naciskając kombinację klawiszy: *<Ctrl + R>*.
- **Spodziewaj się okna:** *Deployment Process* (Proces wdrażania) w nim przed startem *VI*, zobaczysz, w jaki sposób Projekt kompiluje i instaluje (pliki do pobrania) do *NiMyRio*.

**UWAGA:** Możesz chcieć wybrać opcję:  
*Close on successful completion,*  
*(Zamknij po ukończeniu),*  
 opcja ta wymusi na **VI** start automatyczny.



**Rysunek 34-2:** Wyprowadzenia sygnałów mikrofonu MEMS z EmbeddedSystemsKit dla NiMyRio; złącze Jack 3,5 mm stereo audio, złącza wtykowe dla ziemi, kabel lewego i prawego kanału.

**Oczekiwane rezultaty:** Demo VI wyświetla sygnał audio wykryty i przetworzony przez mikrofon na ekranie wirtualnego oscyloskopu. Wybierz odpowiednie wejście mikrofonowe w zależności od wybranego obwodu interfejsu. Może to być np. wybudowane: AudioIn/Left lub B/AIO. Dwukrotnie kliknij górne

i dolne granice wykresu przebiegu i ustaw: -2,5 i 2,5 dla AudioIn/Left oraz do 0 i 5 dla B/AIO.

Spróbuj gwizdać, mówić, śpiewać lub wytworzyć inne dźwięki. Na ekranie oscyloskopu zobaczymy odpowiednie przebiegi elektryczne. Należy pamiętać, że kształt fali obserwowanej na ekranie wirtualnego oscyloskopu w pobliżu wartości zerowych w przypadku korzystania z wejścia audio, ma niewielkie amplitudy i nie przekracza 2,5 wolta przy korzystaniu z wejścia analogowego.

**Kliknij przycisk:** *Stop* lub wybierz z klawiatury komputera przycisk *<Esc>*, aby zatrzymać **VI** i zresetować *NiMyRio*; *reset* spowoduje powrót *NiMyRio* do trybu początkowego, czyli ustawień początkowych. W stanie *reset*, do pamięci układu nie muszą być wpisane same zera lub same jedynki w rejestrach, *reset* - to powrót układu do stanu początkowego.

**Wskazówki dotyczące rozwiązywania problemów:** nie widzisz oczekiwanych rezultatów? Potwierdź prawdziwość poniższych zdarzeń:

Rysunek 26-2; Układ pokazowy Projekt: Wyświetlacz znakowy LCD - UART interfejs, schemat ideowy, proponowane połączenia.

- *LED* wskazująca poprawność zasilania w *NiMyRio* świeci jaskrawym światłem,
- Przycisk *Run*, na pasku narzędzi jest czarny, co oznacza, że **VI** jest w *RunMode* - trybie pracy,
- NI myRIO jest podłączony do komputera,
- Poprawność styków złącza MXP - upewnij się, że używasz złącza B (i ewentualnie C) i że masz odpowiednio przypisane styki,
- Korzystając z kontaktu /AIO (pin 3) weź przewód połączeniowy i zastosuj go jak sondę, aby sprawdzić następujące punkty sygnałowe:
- WY ADMP504: 0,8 V DC offset z sygnałem +/- 0,25 V,
- Ujemny zacisk kondensatora 1 μF: jak wyjście ADMP504, ale zerowy offset DC (dla OP37) lub 2,5 V offset (przesunięcia) dla (AD8541)
- Końcówka nieodwracająca (+) wzmacniacza operacyjnego: zero (dla OP37) lub 2,5 V offset (AD8541)
- Końcówka odwracająca (-) wzmacniacza operacyjnego: zero (dla OP37) lub 2,5 V offset (AD8541); jeśli są inne poziomy napięcie, sprawdź wszystkie połączenia układu lub spróbuj wymienić wzmacniacz operacyjny.

## 34.2. Teoria interfejsu

**Obwód interfejsu:** ADMP504 wytwarza maksymalne napięcie 0,25 V z DC offset 0,8 V.

#### Uważnie przestuduj wideo:

*ADMP504 Microphone Interfacing Theory (06:36)*

<https://youtu.be/99lpj7yUmuY>

Dowiesz się więcej o cechach mikrofonów, potrzebie ich zasilania, obwodach z kondensatorami, wzmacniaczu odwracającym, który zwiększa czułość układu

z mikrofonem, do wymaganego poziomu 2,5 V na wejściu analogowym audio.

### 34.4. Podstawowe modyfikacje

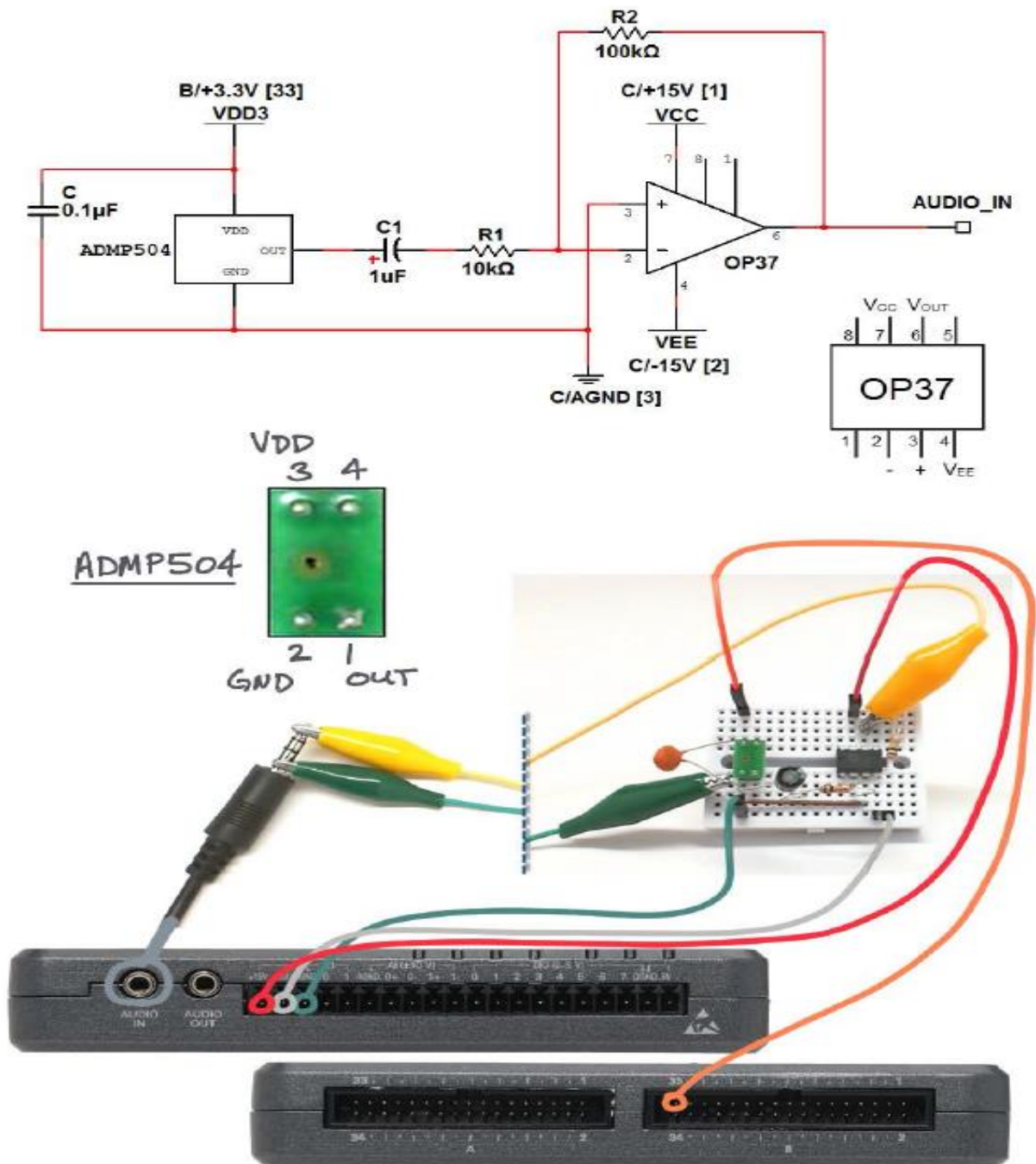
#### **Uważnie przestuduj wideo:**

*MEMS Mic Demo Walk-Through (02:31)*

[http://youtu.be/2ZpI\\_uDwOg4](http://youtu.be/2ZpI_uDwOg4)

Poznasz zasady projektowania *Demo VI MEMS microphone*, wprowadzić poniższe zmiany do bloku *Main.vi*:

- 1) Dodaj wyświetlacz widma amplitudy w czasie rzeczywistym: korzystając z wersji *PointToPoint*, z wbudowaną amplitudą i fazą Spectrum VI znajdującymi się w Signal Processing | Point by Point | Spectral subpalette.
- 2) Dodaj VU (głośność) wskaźnik wyświetlający intensywność sygnału; na wyjściu AC z wbudowanym AC & DC Estimator PtByPt na Signal Processing | Point by Point | Sig Operation subpalette.
- 3) Utwórz filtr *anty-aliasingu* dodając równolegle z rezystancją, kondensator sprzężenia zwrotnego,



Rysunek 34-3: Układ pokazowy Projekt: Mikrofon MEMS schemat ideowy, proponowane połączenia do złącza B i C NiMyRio.

### 34.4. Pomysły integracji Projektu

Teraz, gdy już wiecie, jak stosować mikrofon MEMS, możecie pokusić się o zintegrowanie tego Projektu w bardziej złożone systemy, na przykład:

- Miernik ręczny (39); *Handheld Meter* (39);
- Czujnik bezprzewodowy (40); *Wireless Sensor* (40);
- Rejestrator danych (41); *Data Logger* (41);
- Stroiciel gitary (54); *Guitar Tuner* (54);
- Sterowanie przewodowe (43); *SteerByWire* (43)

### 34.5. Więcej informacji...

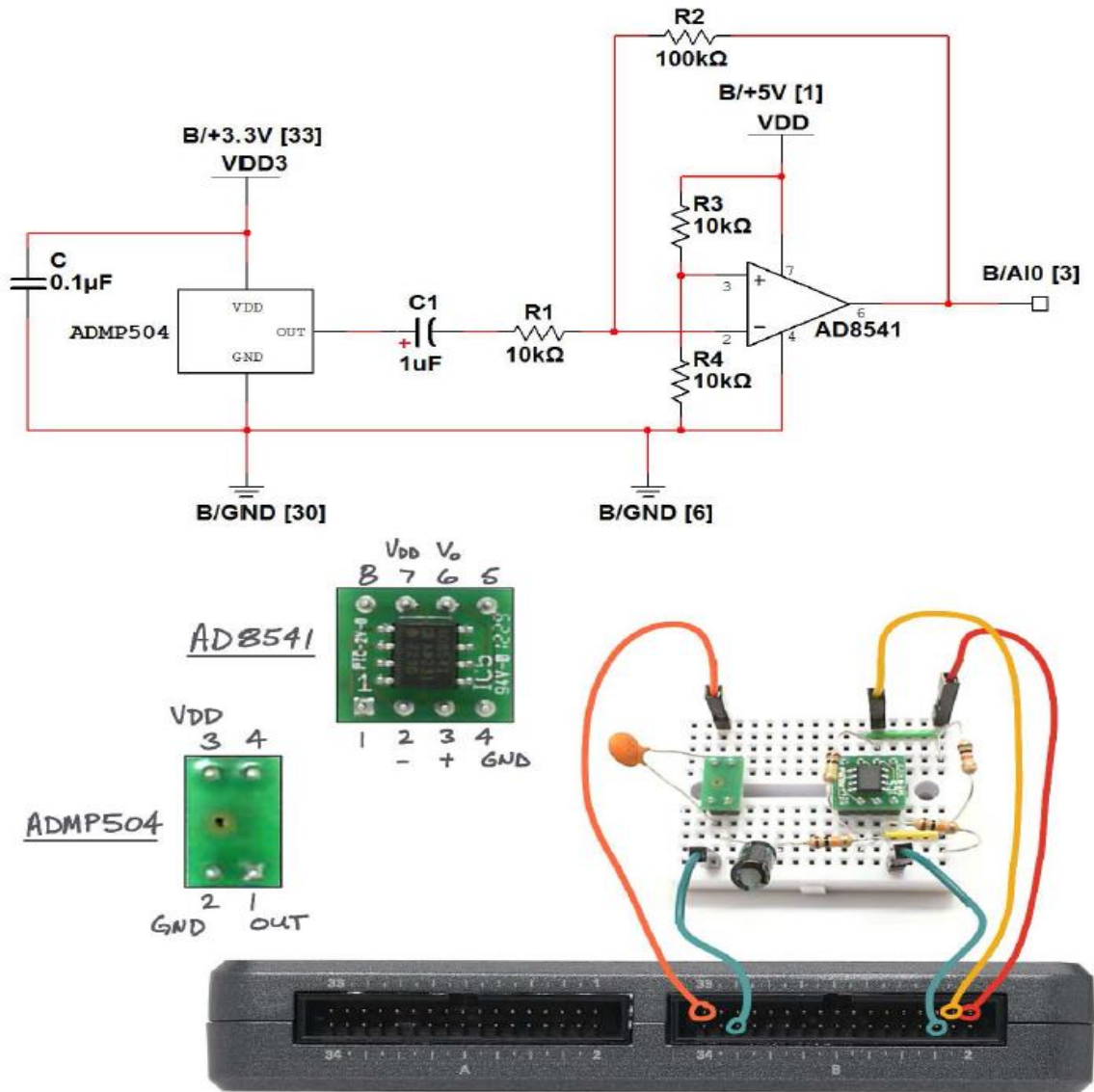
*Mikrophone Array Beamforming with ADMP504 by Analog Devices*~

Pokazowe video dwóch mikrofonów ADMP504 w połączeniu z **DSP Digital Signal Processing**, aby utworzyć wirtualny bezpośredni mikrofon:

<http://videos.analog.com/video/products/MEMS-sensors/1979997938001/Microphone-Array-Beamforming-with-the-ADMP504>

*ADMP504 Flex Eval Board by Analog Devices*~

ADMP504 pakiety z kondensatorami oraz przewodami połączeniowymi:



Rysunek 34-4: Układ pokazowy Projekt: mikrofon MEMS, z wejściem analogowym AI, schemat ideowy, proponowane połączenia do złącza B NiMyRio\_MXP.

<http://www.analog.com/en/evaluation/EVAL-ADMP504Z-FLEX/eb.html>

## NOTATKI: