



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA**

Dokumentacja do projektu  
**Instrument muzyczny temat 16**

z przedmiotu

**Technika Mikroprocesorowa 2**

Elektronika i telekomunikacja 3 rok

*Bartłomiej Kisielewski*

środa 13:15

prowadzący: Dr. Inż. Mariusz Sokołowski

27.01.2025

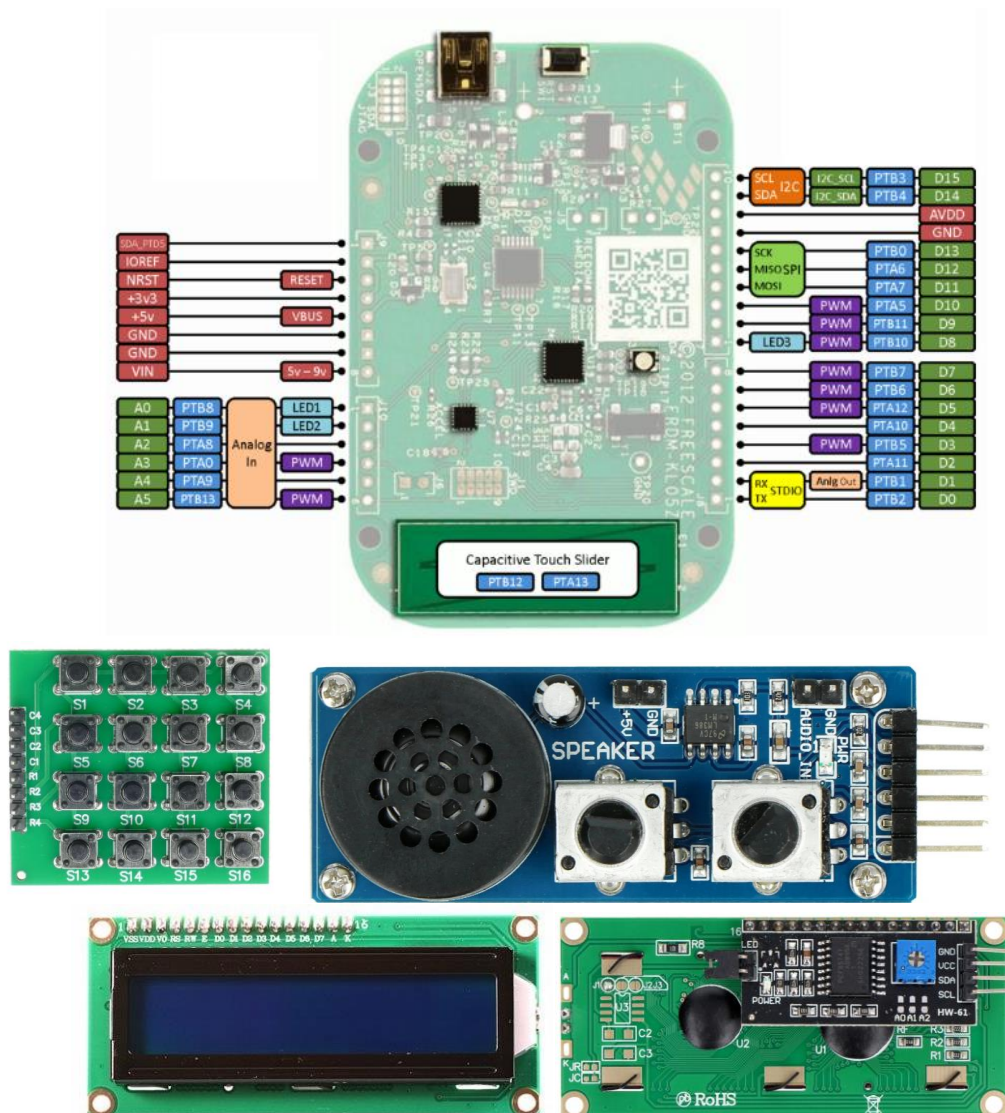
## CEL PROJEKTU

Celem tego projektu jest stworzenie łatwego w użyciu syntezatora muzycznego. Chciałem stworzyć urządzenie, które potrafi generować różne dźwięki, ma szeroki zakres oktaw, prostą regulację głośności oraz pokazuje te informacje na wyświetlaczu LCD

## SCHEMAT UKŁADU

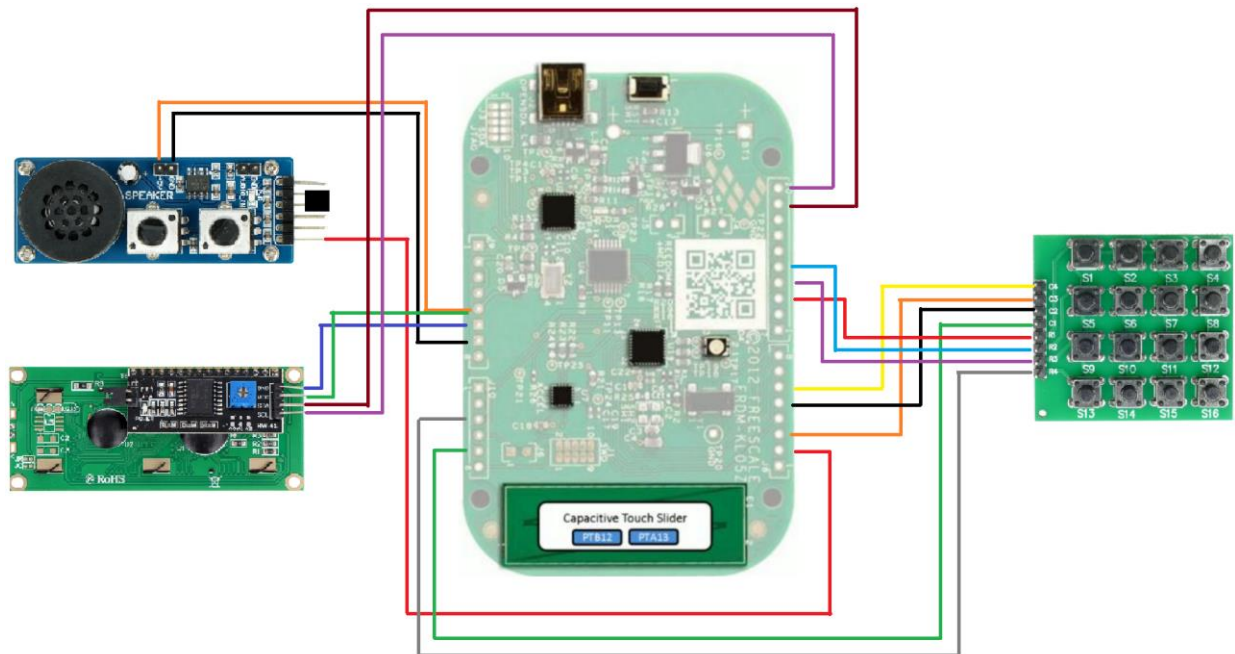
### 1. Użyte elementy

- Płytki rozwojowa FRDM-KL05Z
- Klawiatura matrycowa 4x4
- Wyświetlacz LCD 16x2
- Konwerter I2C LCNM 1602
- Głośnik WSR-04489



Rys. 1. Elementy układu instrumentu muzycznego

## 2. Schemat poglądowy



Rys. 2. Schemat układu instrumentu muzycznego

FRDM-KL05Z	LCD
PTB3	SCL
PTB4	SDA
+5V	VCC
GND	GND

Tabela 1. Połączenie LCD do płytki KL05Z

FRDM-KL05Z	Klawiatura 4x4
PTA12	C4
PTA11	C3
PTA10	C2
PTA9	C1
PTA5	R1
PTA6	R2
PTA7	R3
PTA8	R4

Tabela 2. Połączenie klawiatury do płytki KL05Z

FRDM-KL05Z	WSR-04489
PTB1	VCC (3.3V)
+5V	+5V
GND	GND

Ponadto mamy zwórkę pomiędzy AIN a ADC1

Tabela 3. Połączenie głośnika do płytki KL05Z

## OPIS DZIAŁANIA

---

Program implementuje instrument muzyczny na płytce MKL05Z4 z wykorzystaniem klawiatury matrycowej 4x4, wyświetlacza LCD oraz głośnika. Jego głównymi cechami są:

- Wybór sekwencyjnie za pomocą 1 przycisku 3 generowanych przebiegów: sinusoidalnego, trójkątnego oraz piłokształtnego
- Szeroki zakres oktaw, oferuje 5 oktaw, od 2 do 6
- Dokładnie wyliczone częstotliwości nut, jest ich 61 (5 oktaw), wykorzystując przy tym 13 klawiszy, w tym 12 dźwięków w obrębie jednej oktawy, 13 będący dźwiękiem następnej oktawy
- Wyświetlenie informacji na wyświetlaczu LCD takich jak dźwięk (nuta) wraz z jego obecną oktawą, częstotliwość dla danego dźwięku (dla weryfikacji), głośność (amplituda), typ generowanej fali

Użytkownik ma do dyspozycji 13 przycisków – S1 do S13 jako klawisze dźwiękowe, wówczas wydobywa się odpowiedni dźwięk, na wyświetlaczu są wyświetlane informacje.

Parametry początkowe programu do oktawy 4 a dokładniej oktawy razkreślnej, czyli tam gdzie klucz wiolinowy wyznacza dźwięk G, z głośnością 100% oraz generowanym przebiegiem sinusoidalnym.

Operujemy w skali chromatycznej, tzn. dwunastodźwiękową, zatem poszczególne stopnie oddalone są od siebie o pół tonu. W projekcie wykorzystujemy system anglosaski do opisu poszczególnych dźwięków.

S1 – to odpowiednio dźwięk C

S2 – C# / Db (na wyświetlaczu wyświetlamy jedynie informacje z krzyżykiem)

S3 – D

...

S12 – H

S13 – C następnej oktawy

Za zmianę oktawy w dół lub górę odpowiedzialne są przyciski S14 oraz S15, najniższy dźwięk jaki możemy wydobyć do C2, a najwyższy C7

Dzięki przyciskowi S16 jesteśmy w stanie sekwencyjnie zmieniać przebieg, odpowiednio sinusoidalny, trójkątny oraz piłokształtny.

Zmianę głośności możemy zrobić za pomocą panelu dotykowego umieszczonego na płytce MKL05Z.

### Obsługa klawiatury:

- **Działanie:** Klawiatura 4x4 działa na zasadzie skanowania wierszy i kolumn. W funkcji `klaw_read()` ustawiamy kolejno wiersze w stan niski, jeśli dany klawisz jest wciśnięty, odpowiedni wiersz zostaje „zwarty” z kolumną.
- **Odczyt klawiszy:** Funkcja `klaw_read()` zwraca znak przypisany do wciśniętego klawisza z tablicy `map`, a w programie głównym znak ten używany jest do obliczenia odpowiedniej wartości `mod`.
- **Przeliczanie klawisza na częstotliwość:** Dzięki funkcji `getModFromKeyboard()`, która podczas naciśnięcia klawisza przypisuje wartość `mod` w zależności od obecnej oktawy, wykorzystujemy tablicę `modValues`, która przechowuje wartości `mod` dla każdej nuty wcześniej obliczone w funkcji `calculateModValues`
- **Obsługa zmiany oktawy:** Klawisze S14 i S15 odpowiadają za zmianę oktawy, gdzie inkrementują / dekrementują zmienną `currentOctave`
- **Odczyt klawiatury:** Odczyt realizowany jest w podprogramie przerwania `SysTick_Handler`, by uniknąć zbyt szybkiego sprawdzania

### Generowanie dźwięku:

- **Odpowiednia częstotliwość dźwięku:** By zapewnić poprawną wysokość dźwięku wykorzystujemy do tego funkcję `calculateModValues()`, gdzie obliczamy częstotliwość na podstawie wzoru:
  - $A4_{freq} * 2^{\frac{n-33}{12}}$
  - gdzie A4 (a razkreślne) o częstotliwości 440Hz jest punktem odniesienia stosowane często w muzyce
  - n to liczba stopni (półtonów) jakie należy pokonać, aby przejść od dźwięku do wybranej nuty, różnica 33 jest wymagana, żeby można było zacząć od dźwięku C2, jeśli n będzie równe 0 to otrzymamy częstotliwość dla C2 = 65,41, n wynosi maksymalnie 60, a najwyższy dźwięk jaki możemy wydobyć to C7 = 2093Hz. Dość łatwo możemy dodać oktawę, wystarczy zmienić `MAX_OCTAVE` z 4 na 5, a `NOTE_COUNT` z 61 na 73.
- **Synteza dźwięku DDS:** Opiera się na tablicy próbek `WaveTable` oraz na liczniku fazy. Zmienna `mod` (obliczana dla każdej nuty) kontroluje jak szybko, postępuje inkrementacja licznika fazy, co bezpośrednio wpływa na częstotliwość generowanego dźwięku.
- **Tablice próbek:** W programie mamy tablicę `WaveTable` o rozmiarze 1024, która przechowuje próbki dla naszych przebiegów
- **Funkcja `generateWaveTable()`:** Wypełnia tablicę `WaveTable` odpowiednimi wartościami w zależności od wybranego typu przebiegu. Dla sinusoidalnego, tablica jest wypełniana za pomocą funkcji `sinus`, dla fali trójkątnej i piłokształtnej generowane są odpowiednie wartości liniowe. Ta funkcja jest szczególnie ważna, ponieważ gdybyśmy chcieli mieć 3 osobne tablice z próbkami, mamy problem z przepełnieniem pamięci. Za każdym razem jak zmieniamy sekwencyjnie przebieg, generowana jest na nowo tablica próbek dla danego przebiegu.
- **Podprogram przerwania `SysTick_Handler`:** Pobiera odpowiednią próbkę dźwięku z wybranej tablicy na podstawie wartości fazy. Skaluje próbkę na podstawie głośności

(slider). Przesyła następnie próbkę, do przetwornika DAC. Wywoływany jest z określoną częstotliwością, co wpływa bezpośrednio na jakość odtwarzanego dźwięku.

#### **Regulacja głośności:**

- **Odczyt TSI:** Funkcja TSI\_ReadSlider() realizowana jest w pętli głównej, odczytuje położenie na polu dotykowym, a odczytana wartość jest używana bezpośrednio do regulowania głośności.

#### **Wyświetlacz LCD:**

- **Funkcja update\_display():** przygotowuje i wyświetla informacje o nucie, oktawy, typie fali i głośności
- **Przetwarza dane z klawiatury**

#### **Funkcja główna main()**

- **Jest funkcją programu:** Odpowiada głównie za inicjalizację systemu
- **Jest stosunkowo mała, ponieważ większość pracy jest wykonywana w procedurze obsługi przerwania SysTick\_Handler.**
- **Pętla główna:** Jest odpowiedzialna tylko za monitorowanie suwaka i wywoływanie funkcji aktualizującej wyświetlacz