Systemy Wbudowane

18 czerwca 2023

Kontroler MIDI

Dominik Grzesik, Marcin Mikuła

1. Opis projektu

Naszym zadaniem było skonfigurować mikrokontroler, tak aby po podłączeniu do komputera zgłosił się jako kontroler MIDI. Interfejs użytkownika powinien pozwalać na generowanie przynajmniej kilku dźwięków.

2. Wykorzystane platformy i sprzęt

Projekt początkowo rozwijany był na platformie STM32, na płytce F746ZG-Nucleo, a później na Raspberry Pi Pico W.

Do kodu wykorzystaliśmy:

1. STM32CubeIDE wraz z STM32CubeMX przy F746ZG-Nucleo
2. Mu Editor z CircuitPython przy Pico W

Dodatkowo wykorzystaliśmy moduł klawiatury matrycowej 4x4 od Waveshare.

3. STM32F746ZG-Nucleo

3.1 Przygotowanie

Na początku przygotowaliśmy projekt w **STM32CubeIDE**.
Należało:

1. Pobraliśmy **STM32CubeMX** i wygenerowaliśmy strukturę projektu dla naszej płytki - **F746ZG-Nucleo**.
2. Rozpoczęliśmy edycję pliku **.ioc**:
    - w **Connectivity** ustawiliśmy **USART3**
    - w **Middlewares and Software Packs** wybraliśmy **FREERTOS** oraz **USB_DEVICE**

3.2 Konfiguracja kontrolera MIDI

Na samym początku wybraliśmy piny, którymi łączyliśmy płytkę z modułem klawiatury matrycowej. Piny odpowiadające kolumnom klawiatury ustawiliśmy na **input** i nadaliśmy własność **pull-up** w celu uniknięcia zakłóceń - włączyliśmy rezystory.
Tak przygotowany projekt trzeba było przekształcić na **urządzenie MIDI**. Ponieważ dostarczone sterowniki nie wspierały klasy **MIDI Device Class**, naszym zadaniem było manualnie przekształcić na nią jedną z predefiniowanych klas. Według odnalezionych przez nas informacji, aby to uzyskać, należało ustawić odpowiednią klasę urządzenia w **USB_DEVICE** w pliku **.ioc** i zmodyfikować wygenerowane pliki:

1. Wybieramy klasę Audio Device Class, Human Interface Device Class albo Communication Device Class w USB_DEVICE.

2. Podmieniliśmy pliki **usbd_xxx.h** oraz **usbd_xxx.c** na **usbd_midi.c** oraz **usbd_midi.h** proponowane w przykładach aplikacji MIDI przez **STMicroelectronics.**
3. W plikach **usbd_device.c** oraz **usbd_desc.c** poprawiliśmy wszystkie wspomniane konfiguracje tak, aby wspierały urządzenie MIDI.

Mimo dokładnego wykonania powyższych kroków dla różnych klas urządzeń jak i ostatecznie dostosowania różnych opisów rozwiązań i projektów innych osób do naszej płytki nie udało nam się skonfigurować mikrokontrolera - nie był widoczny jako urządzenie MIDI.

4. Raspberry Pi Pico W

W wyniku problemów z rozwijaniem projektu na platformie opisanej w rozdziale 3, podjęliśmy decyzję o podjęciu próby implementacji projektu na platformie Raspberry Pi Pico W.

4.1 Przygotowanie

Zanim zaczęliśmy pisać kod, przygotowaliśmy środowisko oraz płytkę do pracy:

1. Pobraliśmy plik **UF2** pozwalający na programowanie Pico:
2. Raspberry Pi Pico W UF2 File
3. Przytrzymaliśmy przycisk **BOOTSEL**, aby zresetować płytkę i zezwolić na przekopiowanie na nią pobranego pliku
4. Pobralismy bibliotekę **AdaFruit MIDI** i przekopiowaliśmy folder **adafruit_midi** do folderu lib na **Pico W**
5. Jeśli w systemie plików nie było code.py, należało go utworzyć (u nas był)

4.2 Kod

```
import board
import digitalio
import pwmio
import time
import usb_midi
import adafruit_midi
from adafruit_midi.note_on import NoteOn
from adafruit_midi.note_off import NoteOff

midi = adafruit_midi.MIDI(midi_out=usb_midi.ports[1], out_channel=0)

print("MacroPad MIDI Board")

button_pins = [board.GP0,board.GP1,board.GP2, board.GP3,board.GP4,board.GP5,board.GP6,board.GP7]
keys = [['ENT', '0', 'ESC', 'ONOFF'],
['7', '8', '9', 'LOCK'],
['4', '5', '6', 'GO'],
['1', '2', '3', 'STOP']
]

rows = [board.GP4, board.GP5, board.GP6, board.GP7]
columns = [board.GP0, board.GP1, board.GP2, board.GP3]

keypad_rows = []
keypad_columns = []

for i in rows:
    keypad_rows.append(digitalio.DigitalInOut(i))

for i in columns:
    keypad_columns.append(digitalio.DigitalInOut(i))

col_pins = []
row_pins = []
```

```
for pin in keypad_rows:
    pin.direction = digitalio.Direction.OUTPUT
    pin.value = False
    row_pins.append(pin)

for pin in keypad_columns:
    pin.direction = digitalio.Direction.INPUT
    pin.pull = digitalio.Pull.UP
    col_pins.append(pin)

notes= [['F3', 'G3', 'A3', 'B3'],
['C3', 'D3', 'E3', 'D4'],
['G4', 'A5', 'B5', 'C5'],
['D5', 'E5', 'F6', 'G6']
]

def fix_layout(to_fix):
    n=len(to_fix)
    fixed=[[-1] for _ in range(n)]
    for i in range(n):
        fixed[(i+n-1)%n]=to_fix[i]
    return fixed
note_mapping=fix_layout(notes)
keys_pressed = [[False for _ in range(4)] for _ in range(4)]
def scankeys():
    for row in range(0, 4):
        for col in range(0, 4):
            row_pins[row].value = False
            key = None

            key_press = note_mapping[row][col]
            if col_pins[col].value == False and keys_pressed[row][col]==False:
                keys_pressed[row][col] = True
                print("You have pressed:", keys[row][col], key_press)
                midi.send(NoteOn(key_press, 60))

            if col_pins[col].value == True and keys_pressed[row][col] == True:
                keys_pressed[row][col] = False
                midi.send(NoteOff(key_press, 0))
        row_pins[row].value = True

while True:
    scankeys()
```

4.3 Opis działań krok po kroku:

- Wykorzystując moduł **adafruit_midi** przekształciliśmy nasze urządzenie na kontroler MIDI.
- Zdefiniowaliśmy listę pinów, którymi połączyliśmy płytkę z klawiaturą.
- Przy użyciu modułu digitalio nadaliśmy pinom odpowiednie stany i własności. W naszym przypadku na pinach w kolumnach ustawiliśmy **input** oraz włączyliśmy rezystory **pull up**, aby uniknąć

błędnych odczytów i mieć stały stan pinu w momencie kiedy przypisany mu przycisk nie jest wciśnięty. Wybrane piny w wierszach ustawiliśmy na **output** oraz ich wartość na false.

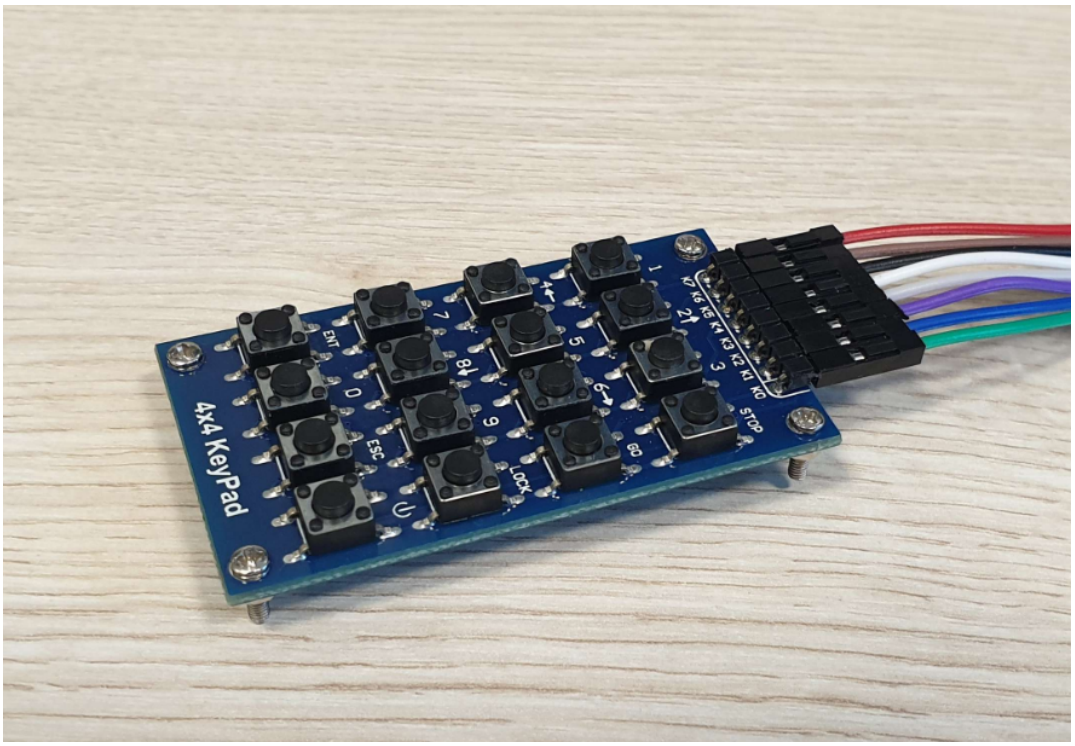
- Przypisaliśmy wybrane przez nas nuty do klawiszy klawiatury.
- Funkcja **fix_layout()** pomaga nam przestawić wiersze tak, aby bardziej intuicyjnie definiowało się mapę nut.
- **scankeys()** nasłuchuje na wciśnięcie klawisza i pozwala na wysłanie **sygnału MIDI** przy pomocy funkcji **midi.send**. Uwzględniane jest również przytrzymanie klawisza przy wykorzystaniu tablicy **keys_pressed**.

4.3 Efekt

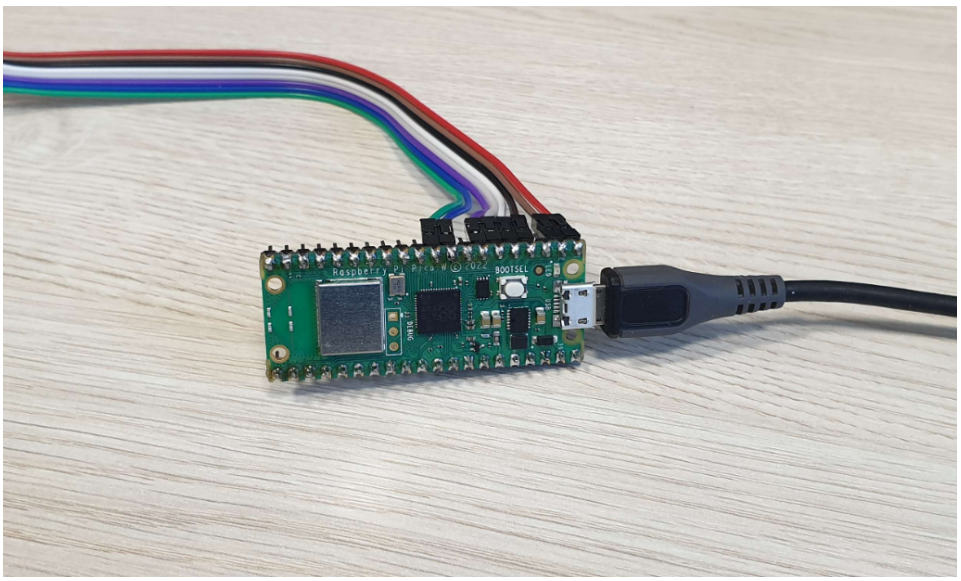
Urządzenie po podłączeniu do komputera zostaje wykryte jako kontroler MIDI.

Mikrokontroler wraz z klawiaturą pozwala na wysyłanie 16 nut.

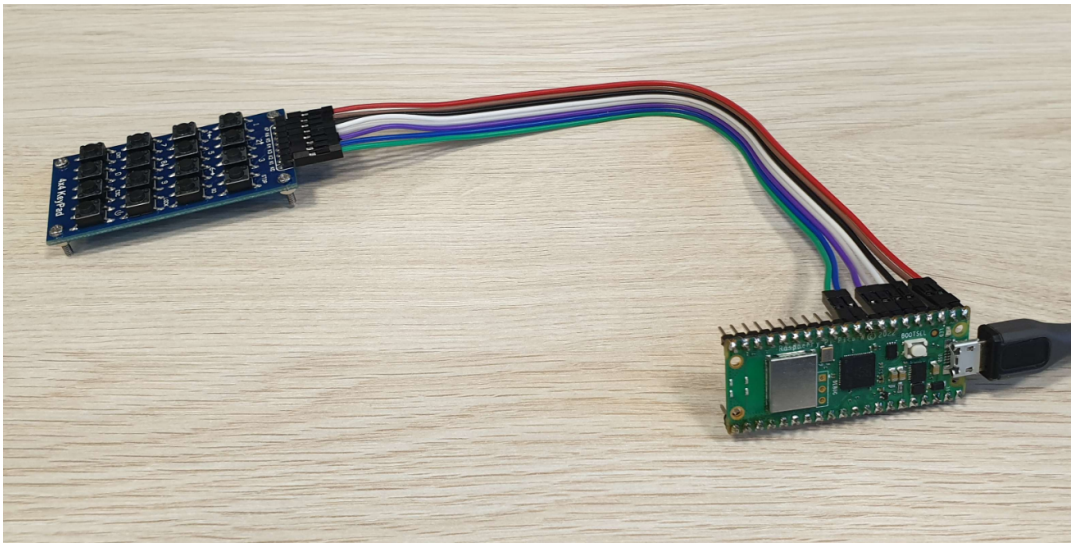
4.4 Zdjęcia



1. Klawiatura 4x4 firmy Waveshare



2. Płytka Raspberry Pi Pico W



3. Zbudowany kontroler MIDI

5. Podsumowanie

Ostatecznie w wyniku naszej pracy udało się stworzyć kontroler MIDI na platformie **Raspberry Pi Pico W**, a jego działanie przetestowaliśmy i zaprezentowaliśmy na zajęciach.