

PROJEKT

STEROWNIKI ROBOTÓW

---

## Raport

Automatyczny barman Dionizos

AuBaDi

---

*Skład grupy:*

Kewin GAŁUSZKA, 241624

Adrian URBAN, 241558

*Termin:* ptTP11

*Prowadzący:*

dr inż. Wojciech DOMSKI

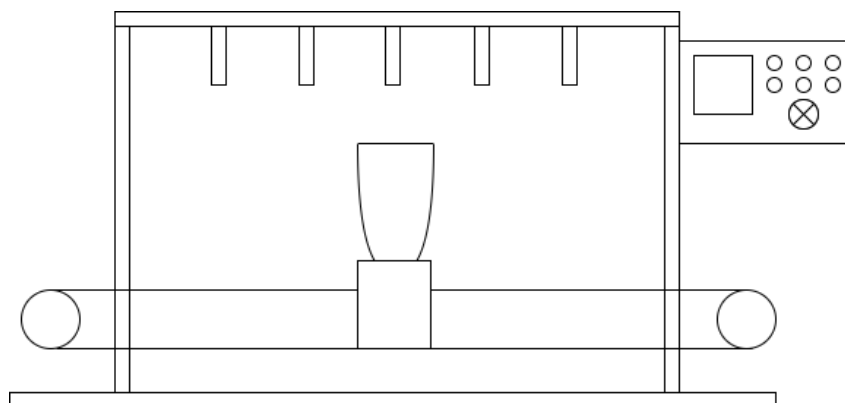
31 marca 2021

# Spis treści

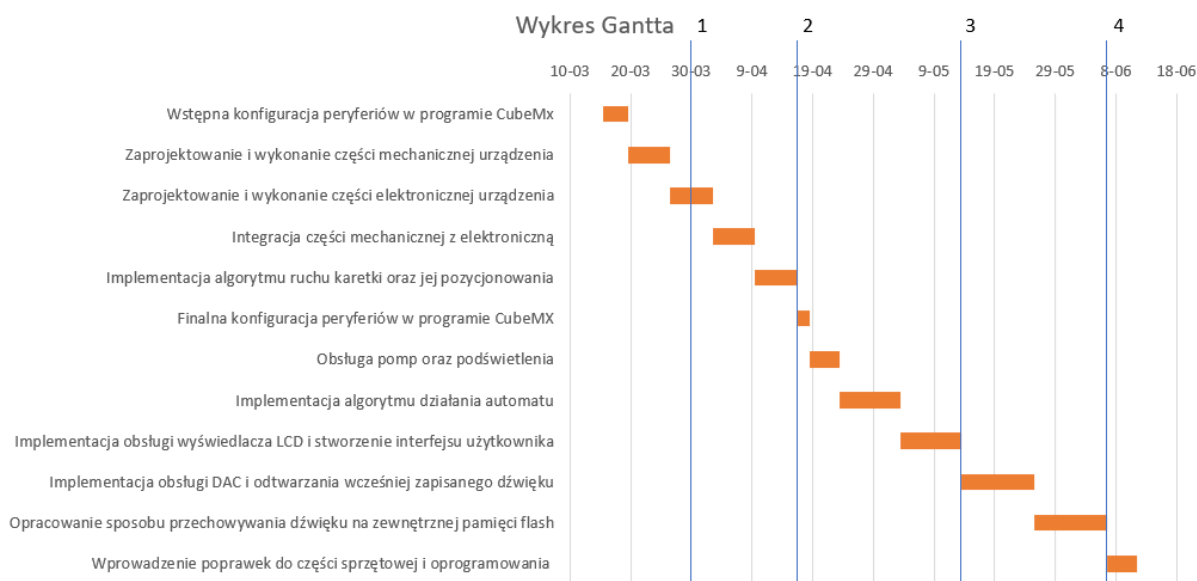
|          |                                               |           |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Opis projektu</b>                          | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>Konfiguracja mikrokontrolera</b>           | <b>3</b>  |
| 2.1      | Konfiguracja pinów . . . . .                  | 5         |
| 2.2      | I2C1 . . . . .                                | 6         |
| 2.3      | I2C2 . . . . .                                | 6         |
| 2.4      | I2S3 . . . . .                                | 6         |
| 2.5      | USB OTG . . . . .                             | 6         |
| 2.6      | FATFS . . . . .                               | 7         |
| 2.7      | ADC . . . . .                                 | 8         |
| 2.8      | TIM4 . . . . .                                | 8         |
| <b>3</b> | <b>Urządzenia zewnętrzne</b>                  | <b>8</b>  |
| 3.1      | Obsługa silnika krokowego . . . . .           | 8         |
| 3.1.1    | Sterownik silnika krokowego DRV8825 . . . . . | 8         |
| 3.1.2    | Silnik krokowy . . . . .                      | 9         |
| 3.1.3    | Wyłącznik krańcowy . . . . .                  | 9         |
| <b>4</b> | <b>Projekt elektroniki</b>                    | <b>9</b>  |
| 4.1      | Zasilanie . . . . .                           | 9         |
| 4.2      | Silnik krokowy . . . . .                      | 9         |
| 4.3      | Sekcja przekaźników . . . . .                 | 9         |
| 4.4      | Wyświetlacz LCD oraz konwerter I2C . . . . .  | 9         |
| 4.5      | Sterowanie podświetleniem . . . . .           | 9         |
| <b>5</b> | <b>Konstrukcja mechaniczna</b>                | <b>11</b> |
| 5.1      | Podstawa . . . . .                            | 11        |
| 5.2      | Konserwacja . . . . .                         | 11        |
| 5.3      | Zmiany w konstrukcji . . . . .                | 11        |
| <b>6</b> | <b>Opis działania programu</b>                | <b>11</b> |
| <b>7</b> | <b>Podsumowanie</b>                           | <b>12</b> |

# 1 Opis projektu

Celem projektu jest stworzenie automatycznego barmana – urządzenia będącego w stanie mieszać płyny w ściśle zadanych proporcjach. Urządzenie wyposażone w wyświetlacz LCD oraz przyciski będzie oferować interfejs, który pozwoli użytkownikowi na wybranie konkretnego napoju. W zależności od decyzji użytkownika dotyczącej rodzaju napoju, urządzenie zmieni swoje podświetlenie wykonane za pomocą diod LED. Dodatkowo wykorzystany zostanie DAC do wygenerowania wcześniej zapisanego na pamięć dźwięku. Karetka, w której umieszczony zostanie zbiornik na płyn będzie przesuwana za pomocą silnika krokowego. Kolejne płyny będą pobierane z zasobników za pomocą indywidualnych pomp bądź zaworów.



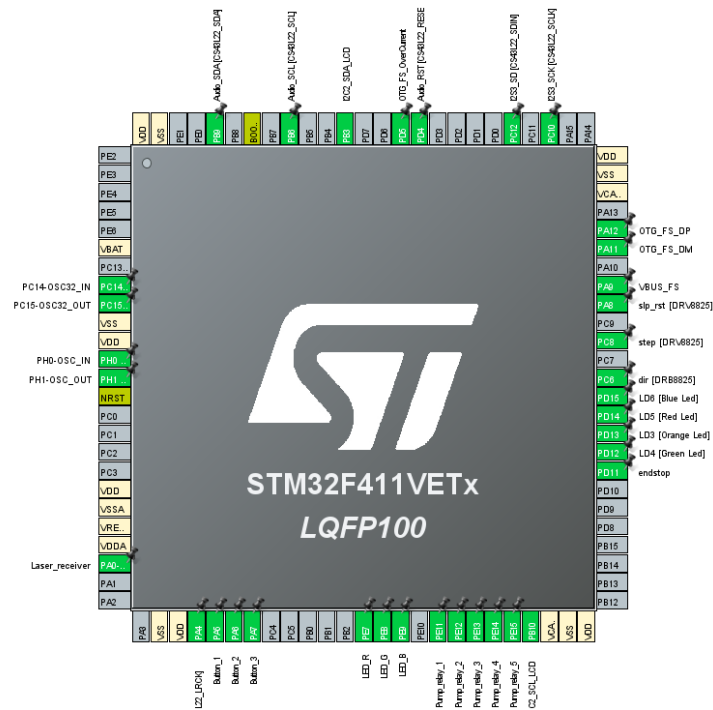
Rysunek 1: Schematyczny rysunek urządzenia



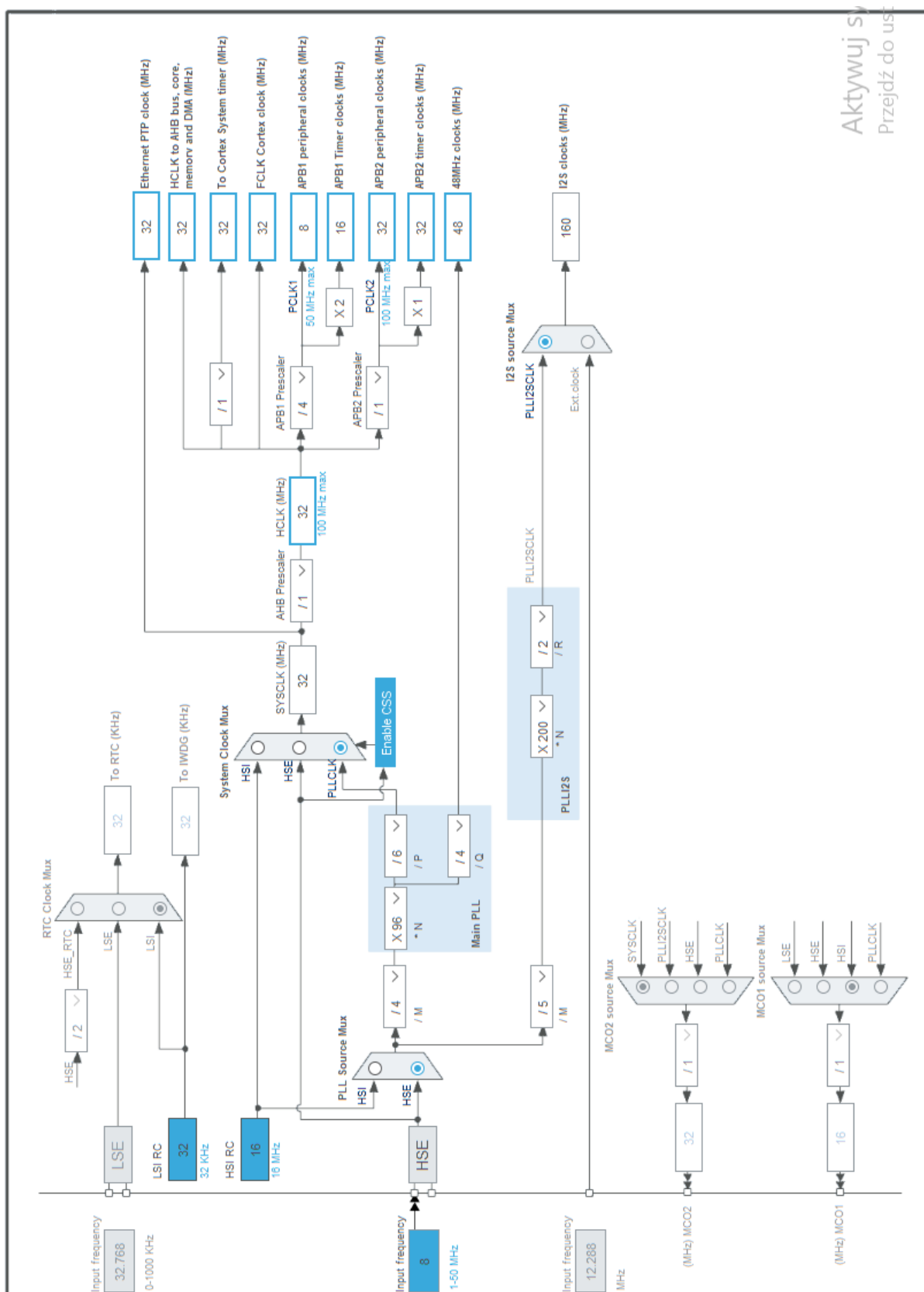
Rysunek 2: Wykres Gantta

## 2 Konfiguracja mikrokontrolera

Konfiguracja portów mikrokontrolera (rysunek 2) oraz zegarów (rysunek 3) przy użyciu programu STM32CubeMX.



Rysunek 3: Konfiguracja wyjść mikrokontrolera w programie STM32CubeMX



## 2.1 Konfiguracja pinów

| Numer pinu | PIN            | Tryb pracy       | Funkcja/etykieta          |
|------------|----------------|------------------|---------------------------|
| 8          | PC14-OSC32_IN  | RCC_OSC32_IN     | PC14-OSC32_IN             |
| 9          | PC15-OSC32_OUT | RCC_OSC32_OUT    | PC15-OSC32_OUT            |
| 12         | PH0 - OSC_IN   | RCC_OSC_IN       | PH0-OSC_IN                |
| 13         | PH1 - OSC_OUT  | RCC_OSC_OUT      | PH1-OSC_OUT               |
| 23         | PA0-WKUP       | ADC1_IN0         | Laser_receiver            |
| 29         | PA4            | I2S3_WS          | I2S3_WS [CS43L22_LRCK]    |
| 30         | PA5            | GPIO_Input       | Button_1                  |
| 31         | PA6            | GPIO_Input       | Button_2                  |
| 32         | PA7            | GPIO_Input       | Button_3                  |
| 38         | PE7            | GPIO_Output      | LED_R                     |
| 39         | PE8            | GPIO_Output      | LED_G                     |
| 40         | PE9            | GPIO_Output      | LED_B                     |
| 42         | PE11           | GPIO_Output      | Pump_relay_1              |
| 43         | PE12           | GPIO_Output      | Pump_relay_2              |
| 44         | PE13           | GPIO_Output      | Pump_relay_3              |
| 45         | PE14           | GPIO_Output      | Pump_relay_4              |
| 46         | PE15           | GPIO_Output      | Pump_relay_5              |
| 47         | PB10           | I2C2_SCL         | I2C2_SCL_LCD              |
| 58         | PD11           | GPIO_EXTI11      | endstop                   |
| 59         | PD12           | GPIO_Output      | LD4 [Green Led]           |
| 60         | PD13           | GPIO_Output      | LD3 [Orange Led]          |
| 61         | PD14           | GPIO_Output      | LD5 [Red Led]             |
| 62         | PD15           | GPIO_Output      | LD6 [Blue Led]            |
| 63         | PC6            | GPIO_Output      | dir [DRB8825]             |
| 65         | PC8            | GPIO_Output      | step [DRV8825]            |
| 67         | PA8            | GPIO_Output      | slp_rst [DRV8825]         |
| 68         | PA9            | USB_OTG_FS_VBUS  | VBUS_FS                   |
| 70         | PA11           | USB_OTG_FS_DM    | OTG_FS_DM                 |
| 71         | PA12           | USB_OTG_FS_DP    | OTG_FS_DP                 |
| 78         | PC10           | I2S3_CK I2S3_SCK | [CS43L22_SCLK]            |
| 80         | PC12           | I2S3_SD I2S3_SD  | [CS43L22_SDIN]            |
| 85         | PD4            | GPIO_Output      | Audio_RST [CS43L22_RESET] |
| 86         | PD5            | GPIO_Input       | OTG_FS_OverCurrent        |
| 89         | PB3            | I2C2_SDA         | I2C2_SDA_LCD              |
| 92         | PB6            | I2C1_SCL         | Audio_SCL [CS43L22_SCL]   |
| 96         | PB9            | I2C1_SDA         | Audio_SDA [CS43L22_SDA]   |

Tabela 1: Konfiguracja pinów mikrokontrolera

- Piny PE11, PE12, PE13, PE14, PE15 - załączanie przekaźników pomp
- Piny PB6 i PB9 - komunikacja I2C z DAC Audio
- Piny PA4, PC7, PC10, PC12 - komunikacja I2S z DAC Audio
- Pin PD4 - Reset DAC Audio
- Piny PE7, PE8, PE9 - oświetlenie LED
- Piny PA5, PA6, PA7 - przyciski
- Piny PC6, PC8, PA8 - sterownik silnika krokowego A4988
- Piny PH0, PH1 - rezonator kwarcowy
- Pin PA0 - czujnik fotorezystorowy (czujnik zbiornika)
- Pin PD11 - wyłącznik krańcowy

- Piny PB10, PB3 - komunikacja I2C z wyświetlaczem LCD
- Piny PA9, PA11, PA12, PD5 - USB OTG (host)

## 2.2 I2C1

Magistrala szeregową I2C1 zostanie wykorzystana do komunikacji z układem CS43L22 – DAC Audio

| Parametr                                | Wartość       |
|-----------------------------------------|---------------|
| <b>I2C Speed Mode</b>                   | Standard Mode |
| <b>I2C Clock Speed (Hz)</b>             | 100000        |
| <b>Primary Address Length selection</b> | 7-bit         |

Tabela 2: Konfiguracja peryferium I2C1

## 2.3 I2C2

Magistrala szeregową I2C2 zostanie wykorzystana do komunikacji z kontrolerem wyświetlacza HD44780

| Parametr                                | Wartość       |
|-----------------------------------------|---------------|
| <b>I2C Speed Mode</b>                   | Standard Mode |
| <b>I2C Clock Speed (Hz)</b>             | 100000        |
| <b>Primary Address Length selection</b> | 7-bit         |

Tabela 3: Konfiguracja peryferium I2C2

## 2.4 I2S3

Magistrala szeregową I2S3 zostanie wykorzystana do komunikacji z układem CS43L22 – DAC Audio

| Parametr                               | Wartość                           |
|----------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Transmission Mode</b>               | Mode Master Transmit              |
| <b>Communication Standard</b>          | I2S Philips                       |
| <b>Data and Frame Format</b>           | I2S 16 Bits Data on 16 Bits Frame |
| <b>Selected Audio Frequency</b>        | 48KHz                             |
| <b>Real Audio Frequency</b>            | 48.076KHz                         |
| <b>Error between Selected and Real</b> | 0.15%                             |
| <b>Clock Source</b>                    | I2S PLL Clock                     |
| <b>Clock Polarity</b>                  | Low                               |

Tabela 4: Konfiguracja peryferium I2S3

## 2.5 USB OTG

USB OTG zostanie wykorzystane do podłączenia zewnętrznej pamięci flash

| Parametr                     | Wartość       |
|------------------------------|---------------|
| <b>Mode:</b>                 | Host_Only     |
| <b>mode:</b>                 | Activate_VBUS |
| <b>Speed Host Full Speed</b> | 12MBit/s      |
| <b>Signal start of frame</b> | Disabled      |

Tabela 5: Konfiguracja peryferium USB OTG

## 2.6 FATFS

Obsługa systemu plików FAT

| Parametr                                               | Wartość                            |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Function Parameters:</b>                            |                                    |
| <b>FS_READONLY</b> (Read-only mode)                    | Disabled                           |
| <b>FS_MINIMIZE</b> (Minimization level)                | Disabled                           |
| <b>USE_STRFUNC</b> (String functions)                  | Enabled with LF -> CRLF conversion |
| <b>USE_FIND</b> (Find functions)                       | Disabled                           |
| <b>USE_MKFS</b> (Make filesystem function)             | Enabled                            |
| <b>USE_FASTSEEK</b> (Fast seek function)               | Enabled                            |
| <b>USE_EXPAND</b> (Use f_expand function)              | Disabled                           |
| <b>USE_CHMOD</b> (Change attributes function)          | Disabled                           |
| <b>USE_LABEL</b> (Volume label functions)              | Disabled                           |
| <b>USE_FORWARD</b> (Forward function)                  | Disabled                           |
| <b>Locale and Namespace Parameters:</b>                |                                    |
| <b>CODE_PAGE</b> (Code page on target)                 | Latin 1                            |
| <b>USE_LFN</b> (Use Long Filename)                     | Disabled                           |
| <b>MAX_LFN</b> (Max Long Filename)                     | 255                                |
| <b>LFN_UNICODE</b> (Enable Unicode)                    | ANSI/OEM                           |
| <b>STRF_ENCODE</b> (Character encoding)                | UTF-8                              |
| <b>FS_RPATH</b> (Relative Path)                        | Disabled                           |
| <b>Physical Drive Parameters:</b>                      |                                    |
| <b>VOLUMES</b> (Logical drives)                        | 1                                  |
| <b>MAX_SS</b> (Maximum Sector Size)                    | 512                                |
| <b>MIN_SS</b> (Minimum Sector Size)                    | 512                                |
| <b>MULTI_PARTITION</b> (Volume partitions feature)     | Disabled                           |
| <b>USE_TRIM</b> (Erase feature)                        | Disabled                           |
| <b>FS_NOFSINFO</b> (Force full FAT scan)               | 0                                  |
| <b>System Parameters:</b>                              |                                    |
| <b>FS_TINY</b> (Tiny mode)                             | Disabled                           |
| <b>FS_EXFAT</b> (Support of exFAT file system)         | Disabled                           |
| <b>FS_NORTC</b> (Timestamp feature)                    | Dynamic timestamp                  |
| <b>FS_REENTRANT</b> (Re-Entrancy)                      | Disabled                           |
| <b>FS_TIMEOUT</b> (Timeout ticks)                      | 1000                               |
| <b>FS_LOCK</b> (Number of files opened simultaneously) | 2                                  |

Tabela 6: Konfiguracja peryferium I2S3

## 2.7 ADC

ADC zostanie wykorzystany do odczytywania stanu z czujników optycznych

| Parametr                           | Wartość                                          |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>ADC_Settings:</b>               |                                                  |
| Clock Prescaler                    | PCLK2 divided by 8 *                             |
| Resolution                         | 12 bits (15 ADC Clock cycles)                    |
| Data Alignment                     | Right alignment                                  |
| Scan Conversion Mode               | Disabled                                         |
| Continuous Conversion Mode         | Disabled                                         |
| Discontinuous Conversion Mode      | Disabled                                         |
| DMA Continuous Requests            | Disabled                                         |
| End Of Conversion Selection        | EOC flag at the end of single channel conversion |
| <b>ADC_Regular_ConversionMode:</b> |                                                  |
| Number Of Conversion               | 1                                                |
| External Trigger Conversion Source | Regular Conversion launched by software          |
| External Trigger Conversion Edge   | None                                             |
| Rank                               | 1                                                |
| Channel Channel                    | 0                                                |
| Sampling Time                      | 28 Cycles *                                      |

Tabela 7: Konfiguracja peryferium ADC

## 2.8 TIM4

Timer 4 wykorzystywany jest do sterowania silnikiem krokowym poprzez sterownik. Częstotliwość ustawiono na  $1kHz$ . Obsługa przerw tego timera zmienia stan logiczny wejścia sterownika silnika krokowego o nazwie STEP. Sterownik ten reaguje na zbocze narastające. Co każdą zmianę stanu dekrementujemy wartość step o jaką ma poruszyć się silnik. Konfiguracje peryferium przedstawiono w tabeli 8.

| Parametr                                              | Wartość                                    |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Prescaler(PSC - 16 bits value)                        | 99                                         |
| Counter Period (AutoReload Register — 16 bits value ) | Up                                         |
| Counter Period                                        | 159                                        |
| Internal Clock Division (CKD)                         | No Division                                |
| auto-reload preload                                   | Disable                                    |
| Master/Slave Mode (MSM bit)                           | Disable (Trigger input effect not delayed) |
| Trigger Event Selection                               | Reset (UG bit from TIMx_EGR)               |

Tabela 8: Konfiguracja TIM4

## 3 Urządzenia zewnętrzne

### 3.1 Obsługa silnika krokowego

#### 3.1.1 Sterownik silnika krokowego DRV8825

Układ został wykorzystany do poruszania silnikiem krokowym. Moduł posiada wejścia

- *dir* – zmiana stanu na tym wejściu powoduje zmianę kierunku obracania się silnika
- *step* – pojawienie się zbocza narastającego na tym wejściu skutkuje obrotem silnika o jeden krok
- *sleep* oraz *reset* – wejścia odpowiadające za pracę układu i wybudzanie go ze stanu uśpienia. Aby układ pracował, na obu wejściach powinien pojawić się stan wysoki.

### 3.1.2 Silnik krokowy

Silnik krokowy sterowany jest za pomocą układu DRV8825 prądem 0.7A na cewkę przy napięciu 17V. Jeden pełny obrót silnika to 200 kroków.

### 3.1.3 Wyłącznik krańcowy

Wyłącznik krańcowy podłączony jest do pinu PD11, który jest skonfigurowany jako GPIO\_EXTI11. Reakcja występuje na zbocze narastające, pin jest ustawiony jako *Pull down*.

## 4 Projekt elektroniki

Część elektroniczną wykonano na płytce uniwersalnej. Płytkę deweloperską STM32F411VET6 umieszczono na listwach goldpin celem uproszczenia procesu montażu i stworzenia możliwości użycia jej ponownie do innych projektów.

### 4.1 Zasilanie

Płytkę wyposażono w zasilacz układu DRV8825 – sterownika silnika krokowego, ponadto umieszczono diody sygnalizujące obecność napięcia na linii 17V (zasilanie sterownika silnika krokowego) oraz 5V (zasilanie mikrokontrolera). Wykorzystano transformator z napięciem na uzwojeniu wtórnym równym 12V.

Napięcie 5V uzyskiwane jest z portu USB. W razie przekroczenia wydajności prądowej portu USB, układ zostanie doposażony w przetwornicę DC-DC, która została umieszczona na schemacie.

### 4.2 Silnik krokowy

Silnik krokowy NEMA 17 połączony jest za pomocą taśmy zakończonej złączami goldpin do sterownika. Celem lepszej filtracji napięcia umieszczono kondensatory możliwie blisko układu DRV8825.

### 4.3 Sekcja przekaźników

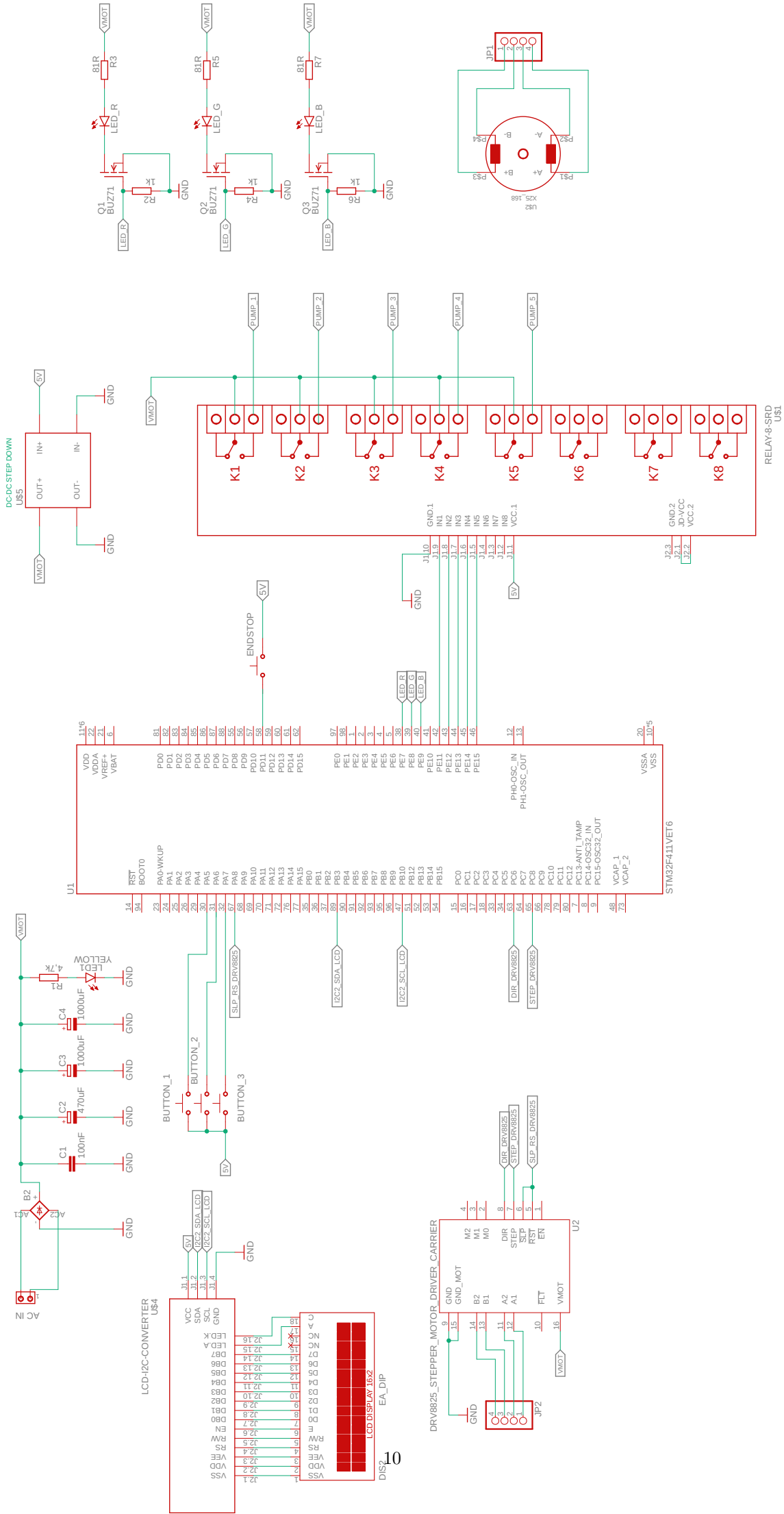
Moduł przekaźników podłączony jest do mikrokontrolera taśmą goldpin. Zasilany jest napięciem 5V z przetwornicy. Zastosowana izolacja galwaniczna zabezpiecza mikrokontroler przed nieporządanymi pikami napięcia podczas rozłączania cewek, dodatkowo powoduje zmniejszenie prądu pobieranego z pinów mikrokontrolera.

### 4.4 Wyświetlacz LCD oraz konwerter I2C

Wykorzystany moduł wyświetlacza LCD HD44780 wyposażony jest w konwerter I2C – PCF8574. Moduł podłączony jest z mikroprocesorem za pomocą czterech przewodów zakończonych goldpinami. Dwa z nich odpowiadają za obsługę magistrali I2C (SDA oraz SCL) kolejne dwa to masa oraz zasilanie 5V.

### 4.5 Sterowanie podświetleniem

Jako elementy wykonawcze użyto tranzystory MOSFET z kanałem N.



## 5 Konstrukcja mechaniczna

### 5.1 Podstawa

Jako podstawę do stworzenia urządzenia wykorzystano część mechaniki z drukarki HP C1440. Usunięto zbędne elementy wyposażenia, pozostawiono między innymi wałek, karetkę i część elementów konstrukcyjnych.

### 5.2 Konserwacja

Z uwagi na zużycie paska klinowego dokonano jego wymiany na nowy. Wyczyszczono wszystkie elementy ruchome urządzenia oraz użyto oleju do maszyn celem zmniejszenia oporów ruchu karetki po wałku. Dokonano również korekcji napięcia paska klinowego.

### 5.3 Zmiany w konstrukcji

W drukarce do poruszania karetką wykorzystany był silnik prądu stałego, który został wymieniony na silnik krokowy. Z uwagi na różnicę w średnicach osi obu silników dokonano rozwiercenia zębatego, którą umieszczono na wale silnika krokowego. Do konstrukcji przykręcony został wyłącznik krańcowy. Odcięto zbędne elementy plastikowe utrzymujące ruchome element.

## 6 Opis działania programu

Program służy do testowania implementacji algorytmu poruszania karetką. W związku z wczesną fazą powstawania programu parametry pozycji, do której ma przyjechać karetką, ustawiane są bezpośrednio w kodzie. Przy starcie programu silnik krokowy wykonuje tyle skoków by karetką znalazła się w skrajnej pozycji, co jest rejestrowane wówczas przez wyłącznik krańcowy. Stanowi to punkt odniesienia (pozycję 0), od którego odliczane są ilości skoków jakie ma wykonać silnik by ustawić karetkę na konkretną pozycję.



Rysunek 5: Diagram testowej aplikacji ruchu

## 7 Podsumowanie

Dokonano zmian w konfiguracji mikrokontrolera celem dopasowania rozmieszczenia pinów i uproszczenia połączeń na płytce uniwersalnej. Stworzono część mechaniczną i elektroniczną, która w razie potrzeb może zostać zmodyfikowana i dopasowana do rozwiązań, które nie zostały jeszcze użyte. Program obsługujący sterownik silnika krokowego z wykorzystaniem przerwań daje możliwość sterowania silnikiem i ustawienia rządanej pozycji, na której powinna znaleźć się karetką.

W związku z problemami logistycznymi pompy oraz diody elektrolumiscencyjne COB nie zostały zamówione. Nie wpływa to na proces realizacji projektu. Zostaną one zamontowane podczas realizacji etapu III.

Ostateczna konfiguracja mikrokontrolera zostanie przedstawiona w podsumowaniu etapu III.

Linki do repozytoriów na platformie Github

[Raport SteRoP\_2020\_AuBaDi\_KGAU\_2 - Github]

[Projekt STM32CubeIDE – Github]

## Literatura

- [1] A. Kurczyk, *Mikrokontrolery STM32 dla początkujących.*, Wydawnictwo Btc, Legionowo 2019
- [2] A. France, *Świat druku 3D. Przewodnik*, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2014
- [3] Nota katalogowa A4988, [https://botland.com.pl/pl/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=87](https://botland.com.pl/pl/index.php?controller=attachment&id_attachment=87), 2009
- [4] Nota katalogowa PCF8574, [https://botland.com.pl/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=210](https://botland.com.pl/index.php?controller=attachment&id_attachment=210), 1997
- [5] Bartek, *Kurs STM32 F4 – 11 – Komunikacja przez USB*, 9 sierpień 2016. Dostępne w Forbot: <https://forbot.pl/blog/kurs-stm32-f4-11-komunikacja-przez-usb-id13477>
- [6] Wojtek, *12 STM32F4 - CubeMx - USB podłączenie pendriva*, 26 luty 2017. Dostępne w Elektronika i Programowanie <https://elektronika327.blogspot.com/2017/02/12-stm32f4-cubemx-usb-podaczenie.html>
- [7] Nota aplikacyjna *Audio and waveform generation using the DAC*, [https://www.st.com/resource/en/application\\_note/cd00259245-audio-and-waveform-generation-using-the-dac-in-stm32-microcontrollers-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/application_note/cd00259245-audio-and-waveform-generation-using-the-dac-in-stm32-microcontrollers-stmicroelectronics.pdf), 2017
- [8] Nota aplikacyjna *Audio playback and recording*, [https://www.st.com/resource/en/application\\_note/dm00040802-audio-playback-and-recording-using-the-stm32f4discovery-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/application_note/dm00040802-audio-playback-and-recording-using-the-stm32f4discovery-stmicroelectronics.pdf), 2011
- [9] Instrukcja obsługi modułu przekaźników, <http://www.handsontec.com/dataspecs/module/8Ch-relay.pdf>