

PROJEKT

STEROWNIKI ROBOTÓW

Założenia projektowe

Piłka sterowana za pomocą żyroskopu

PSŻ

Skład grupy:

Stanisław CHĘDOSKA, 259354

Mikołaj SĘK, 258955

Termin: wt. TP 18:55

Prowadzący:

dr inż. Wojciech DOMSKI

21 marca 2023

Spis treści

1	Opis projektu	2
1.1	Założenia Projektowe	2
2	Konfiguracja mikrokontrolera	3
2.1	Konfiguracja pinów	5
2.2	LTDC	7
2.3	SDRAM	7
2.4	DAC	8
2.5	SPI	8
2.6	DMA2D	9
3	Harmonogram pracy	9
3.1	Kamienie milowe	9
3.2	Wykres Gantta	10
3.3	Podział pracy	10
4	Podsumowanie	10
	Bibilografia	11

1 Opis projektu

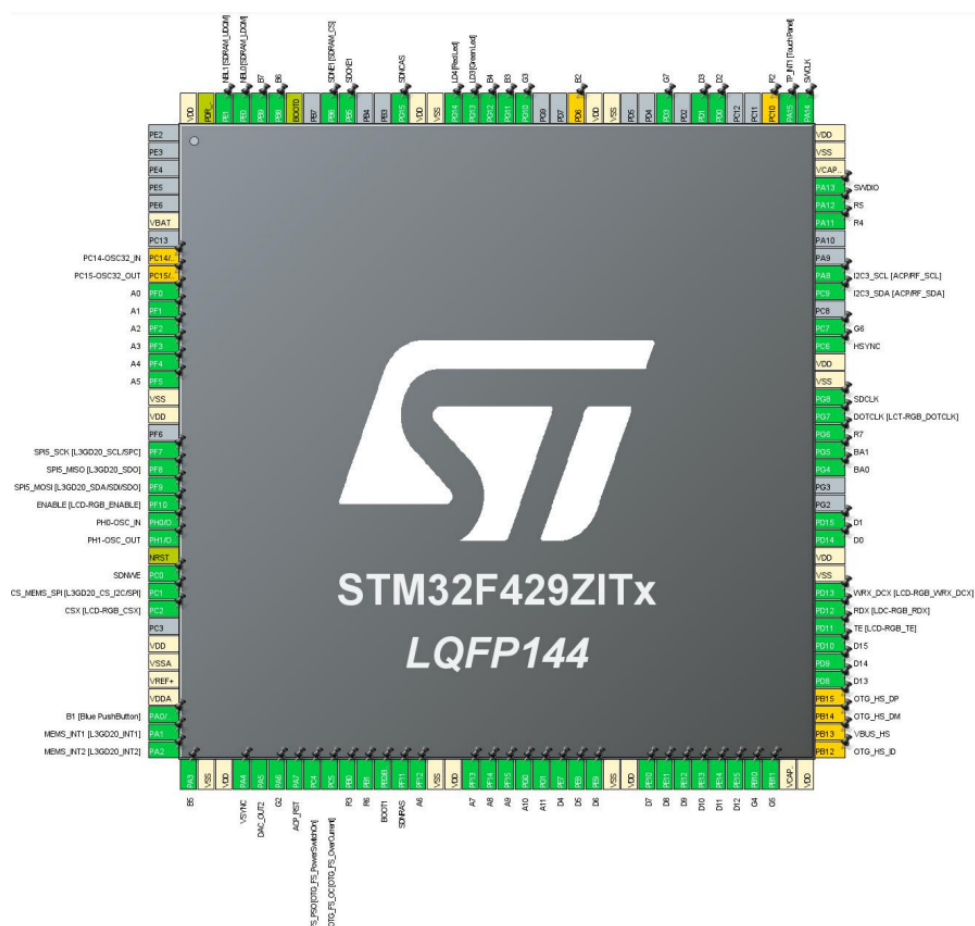
Celem projektu jest stworzenie prostej gry bazującej na płytce STM32F429I-DISC1, wyposażonej m.in. w dotykowy ekran TFT LCD oraz żyroskop. Gra będzie polegać na manipulowaniu ruchem piłki wyświetlonej na ekranie, poprzez przechylanie płytki w różne kierunki (odczyty z żyroskopu). Dodatkowo, piłka będzie odbijać się od ścian wydając przy tym dźwięk generowany z zewnętrznego urządzenia podłączonego do odpowiedniego pinu GPIO z konwerterem cyfrowo-analogowym.

1.1 Założenia Projektowe

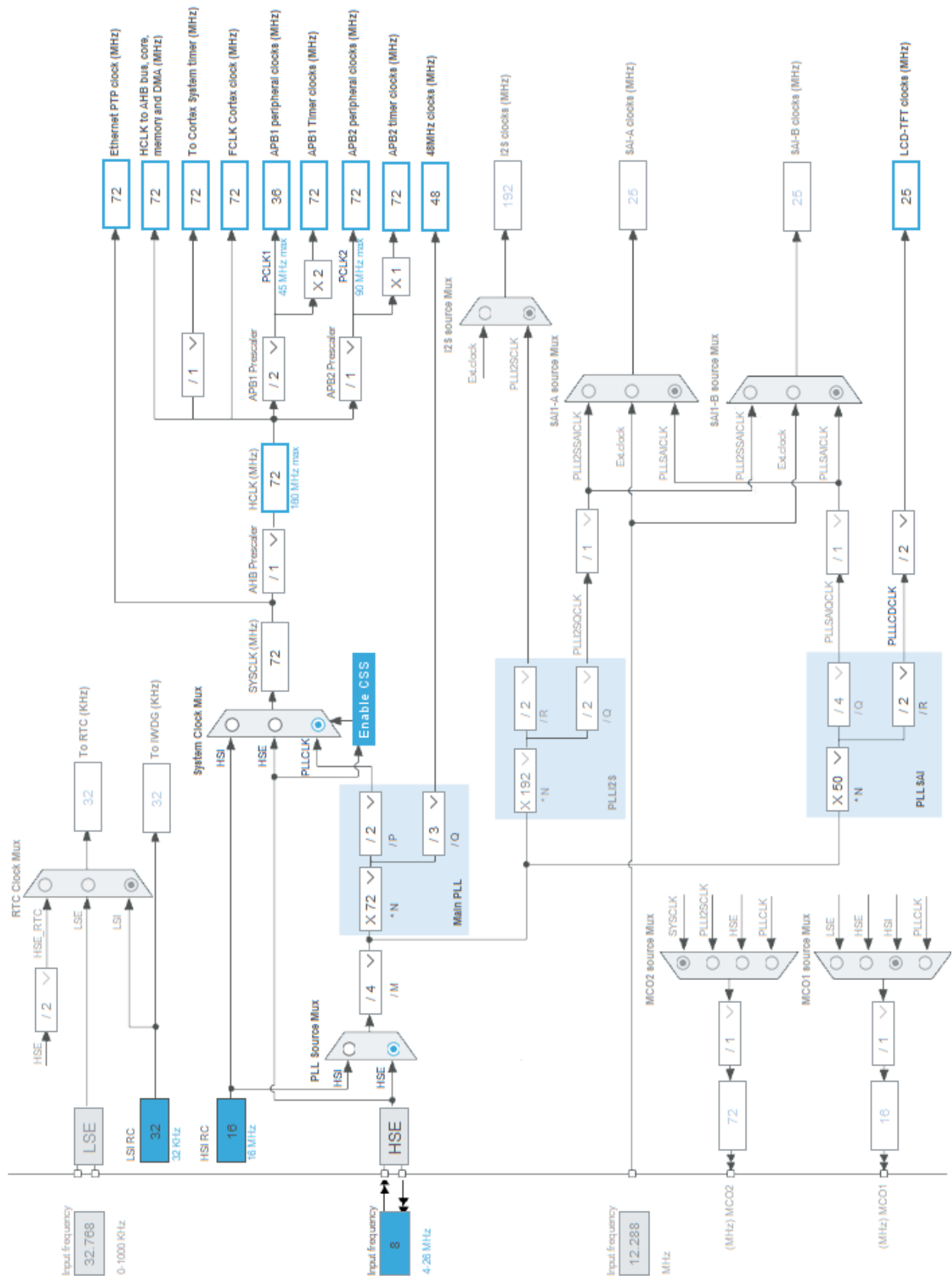
- Do rysowania piłki na ekranie wykorzystane zostanie układ kontrolujący LTDC.
- Do rysowania obrazu na ekranie LCD zostanie wykorzystany kontroler LTDC, sterujący wyświetlaczem za pomocą interfejsu RGB. Bufor z rysowanym obrazem będzie się znajdował w zewnętrznej pamięci SDRAM.
- Piłka zostanie przedstawiona jako zamalowane na jednolity kolor koło.
- Po zetknięciu się ze ścianą, wydany zostanie krótki 0.5 sekundowy dźwięk o stałej częstotliwości korzystając z przetwornika cyfrowo-analogowego.
- Żyroskop L3GD20 zwraca prędkości obrotowe. Aby uzyskać aktualny obrót, wartości te będą całkowane w czasie i w odpowiedni sposób przeliczane. Na podstawie pomiarów, piłka będzie liniowo przyspieszała w kierunku wychylenia.
- wciśnięcie przycisku spowoduje sprowadzenie piłki na środek ekranu oraz wyzerowanie wyników całkowania pomiarów z żyroskopu (Pomiar wychylenia na podstawie żyroskopu, wraz z trwaniem czasu jest obciążony coraz większym błędem spowodowanym dryftem żyroskopu)

Docelowo pętla programu ma polegać na: sczytaniu pomiaru z żyroskopu i obliczeniu przechylenia. Następnie wyliczone zostanie przyspieszenie piłki i nowa pozycja środka piłki po zastosowaniu przyspieszenia. Jeśli nowa pozycja będzie znajdowała się w odległości równej (lub mniejszej) promieniowi od którejkolwiek z granic ekranu to piłka zostanie zatrzymana i wydany zostanie sygnał dźwiękowy. Jeśli nie to do bufora przechowującego piksele wpisane zostaną punkty znajdujące się w odległości (od środka piłki) mniejszej lub równej promieniowi w celu narysowania koła. Następnie kontroler LTDC wyświetli zapisany bufor na ekranie wykorzystując interfejs RGB.

2 Konfiguracja mikrokontrolera



Rysunek 1: Konfiguracja wyjść mikrokontrolera w programie STM32CubeMX



Rysunek 2: Konfiguracja zegarów mikrokontrolera

2.1 Konfiguracja pinów

Numer pinu	PIN	Tryb pracy	Funkcja/etykieta
8	PC14	OSC32_IN*	
9	PC15	OSC32_OUT*	
10	PF0	FMC_A0	A0
11	PF1	FMC_A1	A1
12	PF2	FMC_A2	A2
13	PF3	FMC_A3	A3
14	PF4	FMC_A4	A4
15	PF5	FMC_A5	A5
19	PF7	SPI5_SCK	SPI5_SCK [L3GD20_SCL/SPC]
20	PF8	SPI5_MISO	SPI5_MISO [L3GD20_SDO]
21	PF9	SPI5_MOSI	SPI5_MOSI [L3GD20_SDA/SDI/SDO]
22	PF10	LTDC_DE	ENABLE [LCD-RGB_ENABLE]
23	PH0	OSC_IN	RCC_OSC_IN PH0-OSC_IN
24	PH1	OSC_OUT	RCC_OSC_OUT PH1-OSC_OUT
26	PC0	FMC_SDNWE	SDNWE
27	PC1	GPIO_Output	NCS_MEMS_SPI [L3GD20_CS_I2C/SPI]
28	PC2	GPIO_Output	CSX [LCD-RGB_CSX]
34	PA0/WKUP	GPIO_EXTI0	B1 [Blue PushButton]
35	PA1	GPIO_EXTI1	MEMS_INT1 [L3GD20_INT1]
36	PA2	GPIO_EXTI2	MEMS_INT2 [L3GD20_INT2]
37	PA3	LTDC_B5	B5
40	PA4	LTDC_VSYNC	VSYNC
41	PA5	DAC_OUT2	
42	PA6	LTDC_G2	G2
43	PA7	GPIO_Output	ACP_RST
44	PC4	GPIO_Output	OTG_FS_PSO [OTG_FS_PowerSwitchOn]
45	PC5	GPIO_EXTI5	OTG_FS_OC [OTG_FS_OverCurrent]
46	PB0	LTDC_R3	R3
47	PB1	LTDC_R6	R6
48	PB2/BOOT1	GPIO_Input	BOOT1
49	PF11	FMC_SDNRAS	SDNRAS
50	PF12	FMC_A6	A6
53	PF13	FMC_A7	A7
54	PF14	FMC_A8	A8
55	PF15	FMC_A9	A9
56	PG0	FMC_A10	A10
57	PG1	FMC_A11	A11
58	PE7	FMC_D4	D4
59	PE8	FMC_D5	D5
60	PE9	FMC_D6	D6
63	PE10	FMC_D7	D7
64	PE11	FMC_D8	D8
65	PE12	FMC_D9	D9
66	PE13	FMC_D10	D10
67	PE14	FMC_D11	D11
68	PE15	FMC_D12	D12
69	PB10	LTDC_G4	G4

Tabela 1: Konfiguracja pinów mikrokontrolera cz.1

Numer pinu	PIN	Tryb pracy	Funkcja/etykieta
70	PB11	LTDC_G5	G5
73	PB12	USB_OTG_HS_ID	OTG_HS_ID
74	PB13	USB_OTG_HS_VBUS	VBUS_HS
75	PB14	USB_OTG_HS_DM	OTG_HS_DM
76	PB15	USB_OTG_HS_DP	OTG_HS_DP
77	PD8	FMC_D13	D13
78	PD9	FMC_D14	D14
79	PD10	FMC_D15	D15
80	PD11	GPIO_Input	TE [LCD-RGB_TE]
81	PD12	GPIO_Output	RDX [LDC-RGB_RDX]
73	PB12	USB_OTG_HS_ID	OTG_HS_ID
74	PB13	USB_OTG_HS_VBUS	VBUS_HS
75	PB14	USB_OTG_HS_DM	OTG_HS_DM
76	PB15	USB_OTG_HS_DP	OTG_HS_DP
77	PD8	FMC_D13	D13
78	PD9	FMC_D14	D14
79	PD10	FMC_D15	D15
80	PD11	GPIO_Input	TE [LCD-RGB_TE]
81	PD12	GPIO_Output	RDX [LDC-RGB_RDX]
82	PD13	GPIO_Output	WRX_DCX [LCD-RGB_WRX_DCX]
85	PD14	FMC_D0	D0
86	PD15	FMC_D1	D1
89	PG4	FMC_BA0	BA0
90	PG5	FMC_BA1	BA1
91	PG6	LTDC_R7	R7
92	PG7	LTDC_CLK	DOTCLK [LCT-RGB_DOTCLK]
93	PG8	FMC_SDCLK	SDCLK
96	PC6	LTDC_HSYNC	HSYNC
97	PC7	LTDC_G6	G6
99	PC9	I2C3_SDA	I2C3_SDA [ACP/RF_SDA]
100	PA8	I2C3_SCL	I2C3_SCL [ACP/RF_SCL]
103	PA11	LTDC_R4	R4
104	PA12	LTDC_R5	R5
105	PA13	SYS_JTMS-SWDIO	SWDIO
109	PA14	SYS_JTCK-SWCLK	SWCLK
110	PA15	GPIO_EXTI15	TP_INT1 [Touch Panel]
111	PC10*	LTDC_R2	R2
114	PD0	FMC_D2	D2
115	PD1	FMC_D3	D3
117	PD3	LTDC_G7	G7
122	PD6*	LTDC_B2	B2
125	PG10	LTDC_G3	G3
126	PG11	LTDC_B3	B3
127	PG12	LTDC_B4	B4
128	PG13	GPIO_Output	LD3 [Green Led]
129	PG14	GPIO_Output	LD4 [Red Led]
132	PG15	FMC_SDNCAS	SDNCAS
135	PB5	FMC_SDCKE1	SDCKE1
136	PB6	FMC_SDNE1	SDNE1 [SDRAM_CS]
139	PB8	LTDC_B6	B6
140	PB9	LTDC_B7	B7
141	PE0	FMC_NBL0	NBL0 [SDRAM_LDQM]
142	PE1	FMC_NBL1	NBL1 [SDRAM_UDQM]

Tabela 2: Konfiguracja pinów mikrokontrolera cz.2

2.2 LTDC

Peryferium to służy do kontroli ekranu wyświetlacza LCD-THT. Kontroler ten stale przesyła zawartość określonego buforu w którym znajdują się informacje o kolorach pikseli które mają zostać wyświetlone na ekranie. Ekran ma wymiary 240 pikseli w pionie i 320 pikseli w poziomie.

Parametr	Wartość
Synchronization for Width	
Horizontal Synchronization Width	10
Horizontal Back Porch	20
Active Width	240
Horizontal Front Porch	10
HSync Width	9
Accumulated Horizontal Back Porch Width	29
Accumulated Active Width	269
Total Width	279
Synchronization for Height	
Vertical Synchronization Height	2
Vertical Back Porch	2
Active Height	320
Vertical Front Porch	4
VSync Height	1
Accumulated Vertical Back Porch Height	3
Accumulated Active Height	323
Total Height	327
Synchronization for Height	
Horizontal Synchronization Polarity	Active Low
Vertical Synchronization Polarity	Active Low
Data Enable Polarity	Active Low
Pixel Clock Polarity	Normal Input
Backgruond Color	
Red	0
Green	0
Bluew	0

Tabela 3: Konfiguracja peryferium LTDC

2.3 SDRAM

Jest to pamięć zewnętrzna, rozszerzająca pamięć dostępną do wykorzystania przez mikrokontroler. Na niej zapisywany będzie bufor przechowujący obraz który ma być rysowany na ekranie. Użycie SDRAM jest konieczne gdyż bufor obrazu może zajmować duże ilości pamięci (W szczególności w przypadku podwójnego buforowania).

Parametr	Wartość
SDRAM controll	
Bank	bank SDRAM 2
Number of column address bits	8
Number of row address bits	12
CAS latency	3
Write protection	Disabled
SDRAM common clock	2
SDRAM common burst read	Disabled
SDRAM comon read pipe delay	2

Tabela 4: Konfiguracja peryferium SDRAM cz.1

Parametr	Wartość
SDRAM timing in memory clock cycles	
Load mode register to active delay	2
Exit self-refresh delay	7
Self-refresh time	4
SDRAM common row cycle delay	7
Write recovery time	3
SDRAM common row precharge delay	2
Row to column delay	2

Tabela 5: Konfiguracja peryferium SDRAM cz.2

2.4 DAC

Konwerter Cyfrowo-analogowy będzie służył do wytworzenia sygnału o zadanej częstotliwości (od 20Hz do 20kHz) by wytworzyć dźwięk.

Parametr	Wartość
DAC Out2 Settings	
Output Buffer	Enable
Trigger	None

Tabela 6: Konfiguracja peryferium DAC

2.5 SPI

Za pomocą komunikacji na SPI5 odbierane będą pomiary z żyrokopu L3GD20.

Parametr	Wartość
Basic Parameters	
Frame Format	Motorola
Data Size	8bit
First Bit	MSB First
Basic Parameters	
Prescaler (for Baud Rate)	16
Baud Rate	4.5 Mbit/s
Clock Polarity (CPOL)	LOW
Clock Phase (CPHA)	1 Edge
Advanced Parameters	
CRC Calculation	Disabled
NSS Signal Type	Software

Tabela 7: Konfiguracja peryferium SPI5

2.6 DMA2D

Ten układ wspomaga operowanie na obrazach. Pozwala zastąpić CPU przy wykonywaniu niektórych czynności związanych z manipulowaniem tablicą obrazu. Może na przykład wypełnić obszar obrazu jednym kolorem lub w szybki sposób kopiować piksele do odpowiedniego regionu.

Parametr	Wartość
Basic Parameters	
Transfer Mode	Memory to memory
Color Mode	ARGB8888
Output Offset	0
DMA2D byte swap	Bytes in regular order in output FIFO
DMA2D Line Offset Mode	Line offset expressed in pixels
Foreground layer Configuration	
DMA2D Input Color Mode	ARGB8888
DMA2D ALPHA MODE	No Modification of the alpha channel value
Input Alpha	M0
Input Offset	0

Tabela 8: Konfiguracja peryferium SPI5

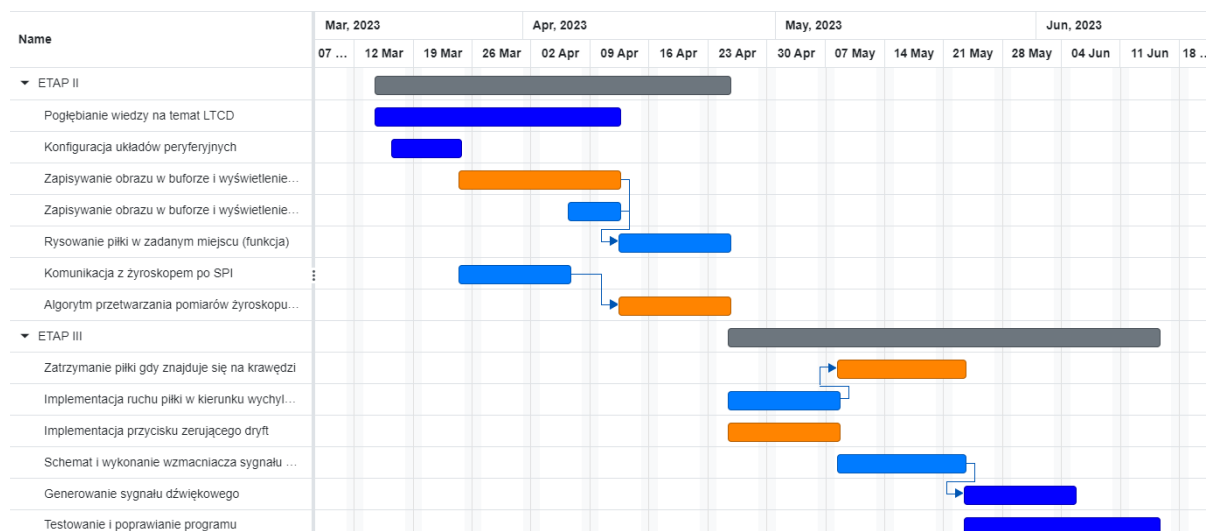
3 Harmonogram pracy

3.1 Kamienie milowe

Kamienie milowe w trakcie trwania projektu wraz z elementami, które się na nie składają:

- Wyświetlanie piłki w dowolnym miejscu na ekranie LCD.
 - Skonfigurowanie LTDC oraz SDRAM do wyświetlania zawartości buforu.
 - Stworzenie odpowiednich funkcji pozwalających rysować piłkę o zadanych rozmiarze i pozycji na ekranie.
- Odczyt i przetworzenie pomiarów z żyroskopu. [Zakres na etap II]
 - Komunikacja interfejsem SPI z żyroskopem L3GD20 w celu pobierania danych o aktualnej prędkości obrotowej.
 - Opracowanie funkcji przekształcającej pomiary z żyroskopu na wartość wychylenia urządzenia.
- Sterowanie piłką za pomocą Żyroskopu.
 - Dodanie możliwości zerowania aktualnego wychylenia za pomocą przycisku (Zapobieganie zwiększaniu się dryftu).
 - Dodanie efektu inercji piłki. Zadawanie przyspieszenia piłce na podstawie aktualnego wychylenia urządzenia w przestrzeni i ruch piłki w tym kierunku.
 - Dodanie mechanizmu zatrzymującego piłkę w momencie gdy piłka dotknie krawędzi wyświetlacza.
- Wydawanie dźwięku przy kontakcie z krawędzią. [Zakres na etap III]
 - Stworzenie układu wzmacniacza pozwalającego wzmocnić sygnał pochodzący z konwertera cyfrowo-analogowego na tyle by był słyszalny po podłączeniu do głośnika.
 - Generowanie na wyjściu DAC sygnału o zadanej, stałej częstotliwości.
 - Generowanie sygnału dźwiękowego po zetknięciu się piłki z krawędzią ekranu.

3.2 Wykres Gantta



Rysunek 3: Diagram Gantta

3.3 Podział pracy

Mikołaj Sęk	%	Stanisław Chędoska	%
Konfiguracja peryferiów w programie CubeMx		Konfiguracja peryferiów w programie CubeMx	
Nawiązanie połączenia z ekranem TFT LCD, Bufor i kontroler LTDC		Stworzenie funkcji pozwalającej na rysowanie piłki o zadanym promieniu i w zadanym położeniu	
Przetworzenie pomiarów z żyroskopu na wartości wychYLENIA urządzenia względem osi X i Y.		Komunikacja z żyroskopem L3GD20 i odbieranie pomiarów szybkości kątowej	

Tabela 9: Podział pracy – Etap II

Mikołaj Sęk	%	Stanisław Chędoska	%
Dodanie mechanizmu wykrywającego dotknięcie krawędzi przez piłkę i zatrzymanie jej.		Implementacja fizyki piłki. Inercja, przyspieszenie w kierunku wychYLENIA.	
Implementacja przzerwania po wciśnięciu przycisku zerującego wychYLENIE (usunięcie dryftu)		Stworzenie wzmacniacza do generowanego sygnału z przetwornika DAC	
Generowanie dźwięku o zadanej częstotliwości przy zetknięciu się piłki ze ścianą		Generowanie dźwięku o zadanej częstotliwości przy zetknięciu się piłki ze ścianą	

Tabela 10: Podział pracy – Etap III

4 Podsumowanie

Repozytorium Github grupy: https://github.com/chedoska/PSZ_Sterowniki_Robotow_Projekt

Literatura

- [1] STMicroElectronics (2023) *LCD-TFT display controller (LTDC) on STM32 MCUs*, Application note
- [2] STMicroElectronics (2014) *L3GD20: 3-axis digital output gyroscope* , Application note
- [3] Luca Davidian (2017) *STM32: using the LTDC display controller* , <http://www.lucadavidian.com/2017/10/02/stm32-using-the-ltdc-display-controller/>
- [4] Wojciech Domski (2017) *Sterowniki robotów, Laboratorium -Wprowadzenie, Wykorzystanie narzędzi STM32CubeMX oraz SW4STM32 do budowy programu mrugającej diody z obsługą przycisku*, <http://edu.domski.pl>
- [5] Geoffrey Brown (2016) *Discovering the STM32 Microcontroller* ,
- [6] STMicroElectronics (2013) *Getting started with the STM32F429 Discovery kit* , User manual