

Dokumentacja techniczna
dla konsoli przenośnej AirBoy

Piotr Mijakowski

Szczecin, 2022

Spis treści

1 Wstęp	3
1.1 Informacje ogólne	3
1.2 Założenia projektu	3
2 Budowa urządzenia	4
2.1 Mikrokontroler	4
Informacje ogólne	4
Rozkład wyprowadzeń	4
2.2 Blok zasilania	6
Ładowarka baterii	6
Bateria	6
Włącznik główny	7
Przetwornice napięcia	7
2.3 Ekran	9
Informacje ogólne	9
Komunikacja	9
2.4 Audio	10
Informacje ogólne	10
Komunikacja	10
Głośniki	11
2.5 Moduł kontrolera	12
Informacje ogólne	12
Komunikacja	12
2.6 Programator	15
Informacje ogólne	15
2.7 Slot kart SD	16
Informacje ogólne	16
2.8 Port rozszerzeń	17
Informacje ogólne	17
3 Schematy	19
4 PCB	24
4.1 Opis	24
4.2 Ścieżki	25
5 Bibliografia	26

1 Wstęp

1.1 Informacje ogólne

Air Boy to przenośna konsola do gier stworzona do nauki programowania. Oparta jest o wydajny mikrokontroler ESP32 umożliwiający pisanie gier różnych gatunków: platformówki, fps, itd.

1.2 Założenia projektu

Konsola Airboy została opracowana z poniższymi założeniami:

- Przenośność – powinna umożliwiać prostą zmianę środowiska pracy dom <-> szkoła
- Możliwość rozbudowy – powinna umożliwić rozbudowę w celu dodania dodatkowych funkcjonalności
- Prostota tworzenia – tworzenie gier powinno być proste co ułatwi początkującym programistą naukę
- Przystępna cena – konsola powinna być dostępna za niewielką cenę

2 Budowa urządzenia

2.1 Mikrokontroler

Informacje ogólne

Mikrokontrolerem używanym w konsoli AirBoy jest ESP32-WROOM-32D o następujących parametrach:

- 2 rdzeniowy procesor Xtensa 32-bit
- Taktowanie rdzenia 240 MHz lub 160 MHz
- Pamięć RAM 520 KB (320 KB DRAM oraz 200 KB IRAM)
- Pamięć flash 4 MB
- Bluetooth v4.2
- Wi-Fi
- Napięcie wejścia-wyjścia 3,3V
- Zasilanie 3,3V

Rozkład wyprowadzeń

ESP32 w konsoli AirBoy używa wielu magistrali komunikacyjnych:

SPI_a - do komunikacji z wbudowanym wyświetlaczem

SPI_b - do komunikacji z kartami SD

I²C_a - do komunikacji z wbudowanym kontrolerem

I²C_b - wyprowadzony do portu rozszerzeń

I²S - do komunikacji z układami audio

Ponadto do mikrokontrolera podłączone są piny sterujące z poszczególnych modułów konsoli.

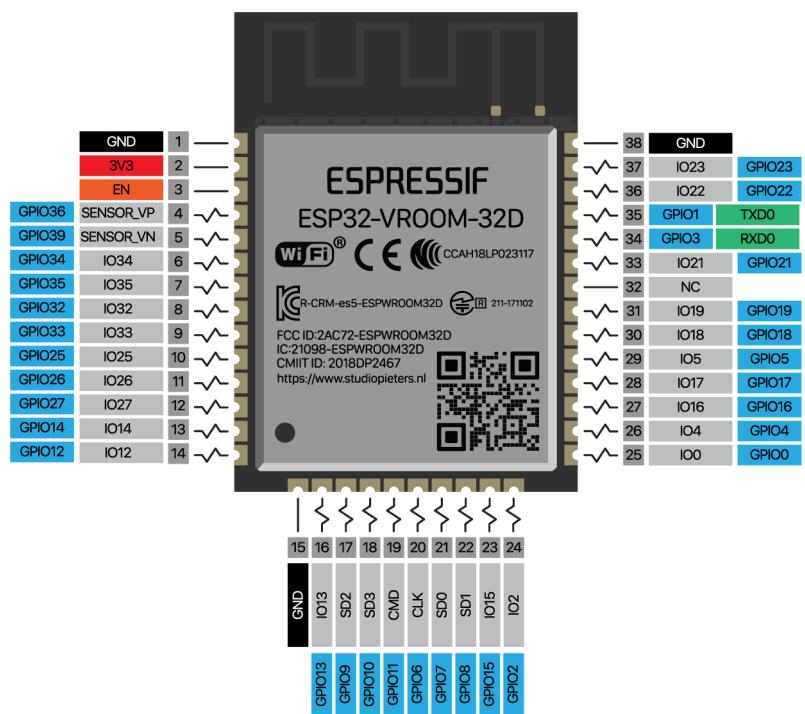


Figure 1: Schemat wyprowadzeń ESP32

2.2 Blok zasilania

Ładowarka baterii

Układ ładowarki baterii jest oparty na układzie TP4056. Ładowarka ta daje maksymalny prąd o natężeniu 1A, choć jest możliwa jego zmiana poprzez rezystor R19 (przykładowe wartości rezystora w poniższej tabeli). Podczas podłączenia do ładowania i jednoczesnym włączeniu urządzenia ładowarka podaje prąd na baterię oraz zasila resztę układu. Ładowanie odbywa się poprzez zintegrowany port USB-C.

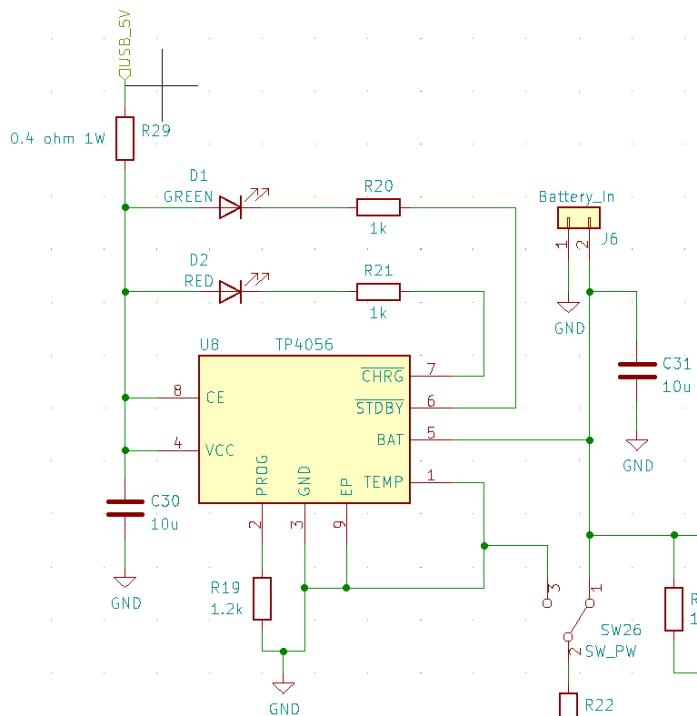


Figure 2: Schemat ładowarki

R19	4K	3K	2K	1.5K	1.3K	1.2K
Prąd (mA)	300	400	580	780	900	1000

Bateria

Konsola ma wbudowaną baterię Li-Po o pojemności 2500 mAh. Bateria ma wymiary 40x50x10 mm i jest w całości schowana pod obudowę.

Włącznik główny

Za włączenie konsole odpowiada układ IRF7307, który zawiera klucz (P-MOSFET) jak i jego sterowanie (N-MOSFET). Użycie tego rodzaju wyłącznika było spowodowane dużym prądem zasilania konsoli (dużo większym niż maksymalny prąd przełącznika suwakowego).

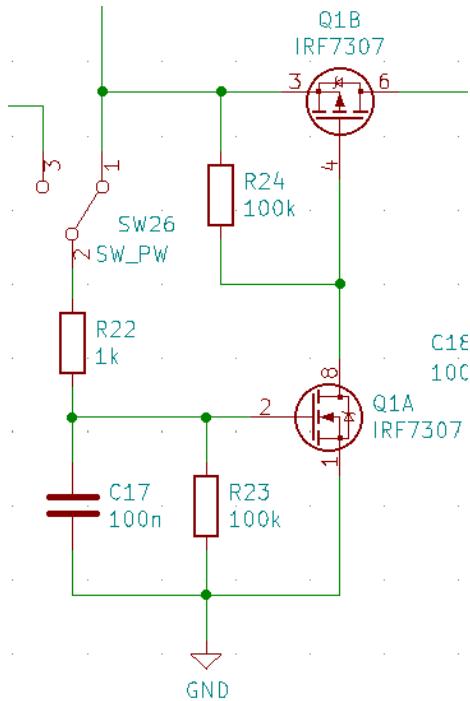


Figure 3: Schemat włącznika

Przetwornice napięcia

AirBoy jest zasilany przez 2 główne napięcia: 5V i 3,3V. Napięcie baterii (3-4,2V) zostaje przekształcone za pomocą przetwornicy STEP-UP MT3608 na napięcie 5V. Napięcie to zasila układy audio oraz jest dostępne na porcie rozszerzeń w celu zwiększenia jego możliwości. Napięcie 3,3 V wytworza przetwornica AP2115-3.3. podłączona jest ona do: mikrokontrolera, układów kontrolera, programatora, wyświetlacza oraz również dostępne jest na porcie rozszerzeń. Układy te zostały dobrane w celu osiągnięcia jak najdłuższego czasu pracy na baterii.

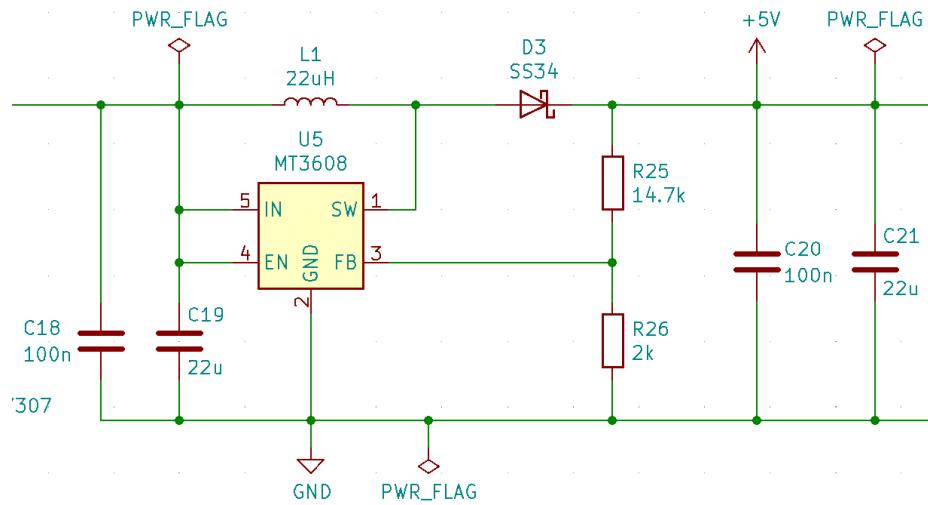


Figure 4: Schemat przetwornicy STEP-UP

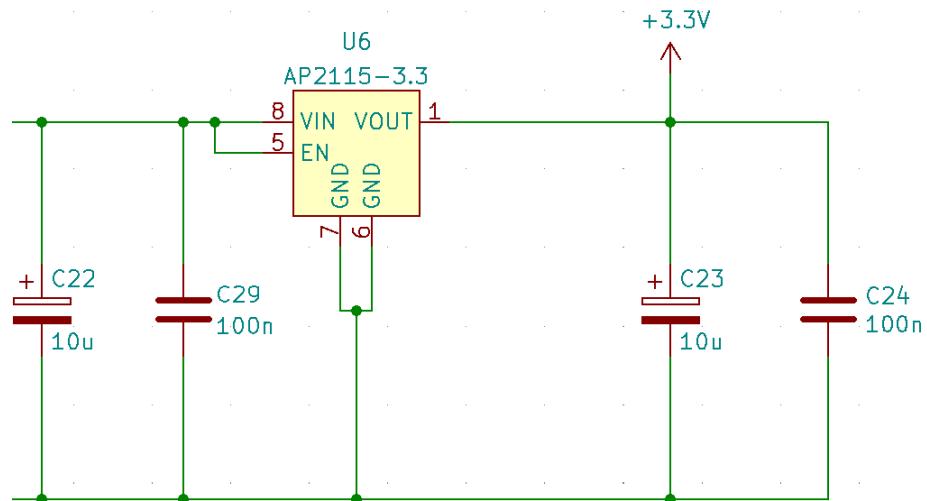


Figure 5: Schemat przetwornicy 5V do 3.3V

2.3 Ekran

Informacje ogólne

Używanym ekranem jest ekran TFT o rozdzielcości 320x240px oraz przekątnej 2,8 cala. Jego sterownikiem jest ILI9341. Konsola korzysta z 16 bitowego koloru rgb565. Moduł ekranu jest zamontowany do płyty głównej przy pomocy 4 śrub na podkładkach oraz Goldpinów.

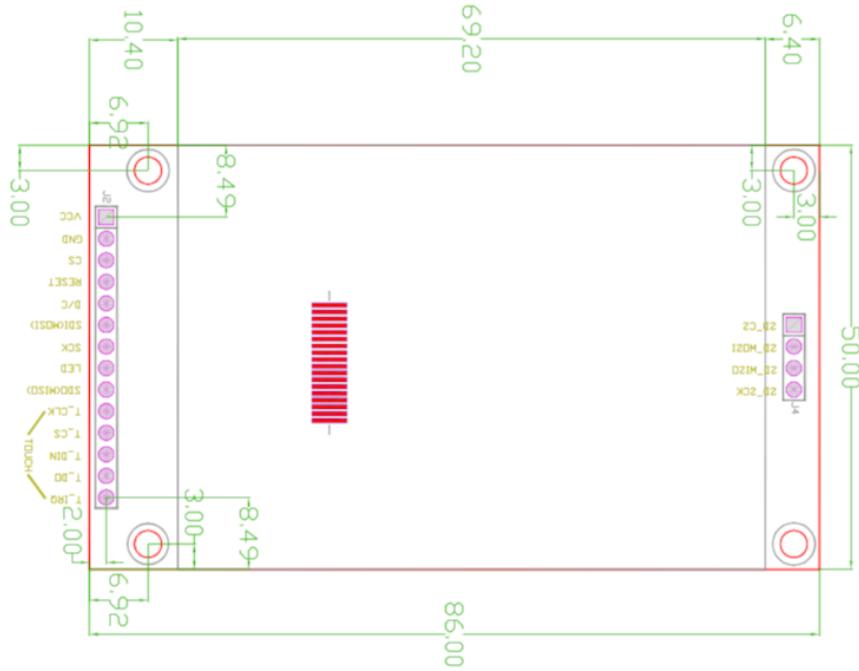


Figure 6: Wymiary modułu wyświetlacza

Komunikacja

Komunikacja z ekranem odbywa się dzięki magistrali SPI i jest to magistrala SPI_a. Częstotliwość taktowania magistrali wynosi 40 MHz. Zegar 80 MHz może powodować niestabilność systemu lub błędy graficzne. W takim wypadku należy zmniejszyć częstotliwość.

Numery połączeń magistrali SPI_a do ESP32*:

MISO	MOSI	SCK	RST	CS	DC
19	23	18	2	27	4

*Dokładny schemat połączeń patrz punkt 3. Schematy

2.4 Audio

Informacje ogólne

Układ audio został zbudowany w oparciu o układy MAX98357 czyli układy wzmacniaczy klasy D z wbudowanymi układami DAC I2C. Na płycie głównej konsoli znajduje się miejsce na 2 takie układy, istnieje natomiast możliwość montażu tylko jednej sztuki. W takim wypadku należy dostosować odpowiednio rezystor R7 lub R12 (w zależności od umiejscowienia układu). Rezystory te mogą mieć 3 wartości w zależności od trybu pracy układu.

- 1Ω daje układ mono ($\text{left}/2 + \text{right}/2$)
 - $300\text{K}\Omega$ daje układ stereo o kanale prawym
 - 0Ω daje układ stereo o kanale lewym

Rezystory R8, R9, R10, R11 ustawiają wzmacnianie układu. Na każdą parę powinien być montowany tylko jeden rezystor. Poniżej znajduje się opis wartości tych rezystorów dla wzmacnienia.

Wzmocnienie (dB)	16	12	9	6	3
Wartość rezystora R8	X	X	X	0Ω	100kΩ
Wartość rezystora R9	100kΩ	0Ω	X	X	X

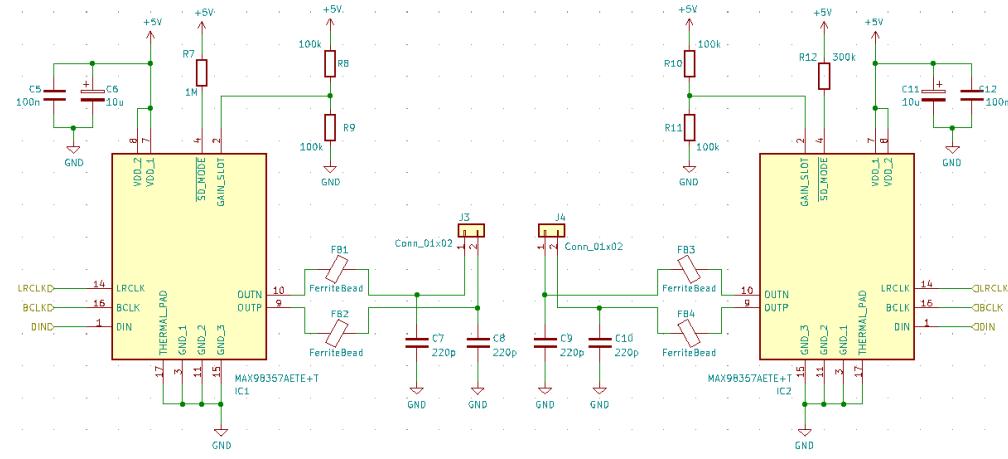


Figure 7: Schemat układów audio

Komunikacja

Układy audio komunikują się z mikrokontrolerem przy pomocy magistrali I2S. Częstotliwość próbkowania może wynosić od 8kHz do 96kHz. Magistrala może korzystać z 16/24/32 bitowej komunikacji.

Podłączenie magistrali I²S do ESP32:

DOUT	BCLK	LRC
17	16	5

Głośniki

Konsola używa wbudowanych głośników o impedancji 8Ω oraz mocy 1W, dlatego standardowe wzmacnienie ustawione jest na 6 dB.

2.5 Moduł kontrolera

Informacje ogólne

Kontroler składający się z 13 przycisków jest oparty o układy MCP23008. Układy te obsługują linię interrupt (po jednej linii na sztukę), które użytkownik może wykorzystać do zdarzeniowego systemu sprawdzenia przycisków. Na płycie głównej znajdują się 2 takie układy. Jeden obsługuje 4 przyciski kierunku, start, select, menu oraz lewy bumper. Drugi natomiast przyciski A, B, X, Y oraz prawy bumper. Możliwe jest również wyprowadzenie 3 dodatkowych przycisków, które jednak nie są zamontowane w podstawowej wersji konsoli.

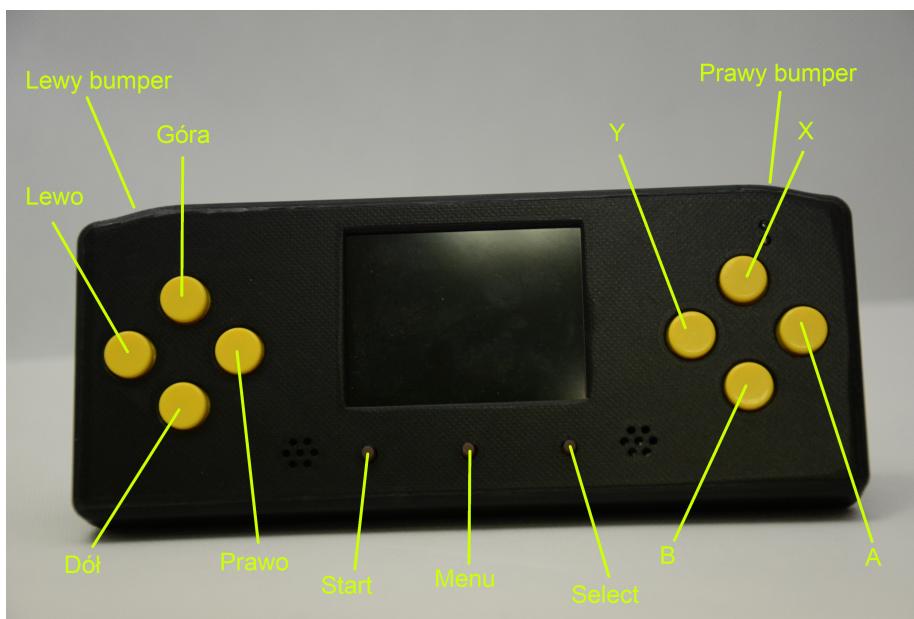


Figure 8: Układ przycisków

Komunikacja

Układy komunikują się z ESP32 magistralą I₂C_a. Ma ona wbudowane rezystory 1KΩ. Maksymalna prędkość transmisji jest ograniczona ze względu na układ ESP32 i wynosi 800KHz (teoretyczna prędkość maksymalna to 1,7 MHz). Układy zgłaszają się na adresach 0x27 dla układu obsługującego przyciski kierunku i 0x26 dla drugiego układu.

Podłączenie układów kontrolera do ESP32:

SCL	SDA	INT0	INT1
33	32	34	35

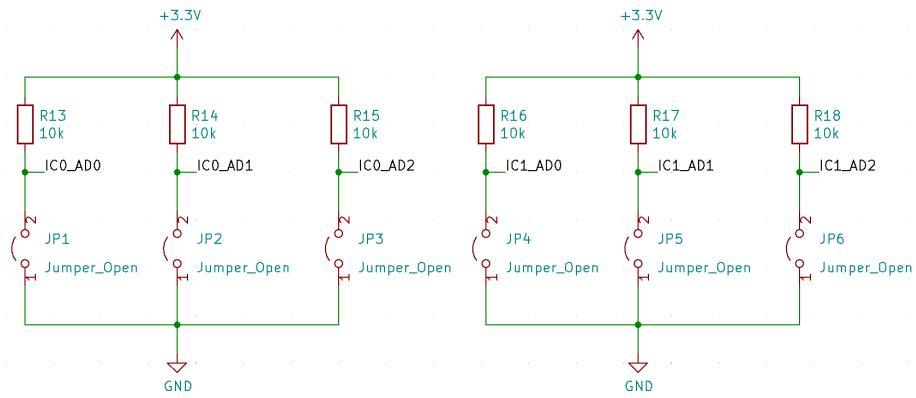


Figure 9: Schemat połączeń zworek ustalających adresy

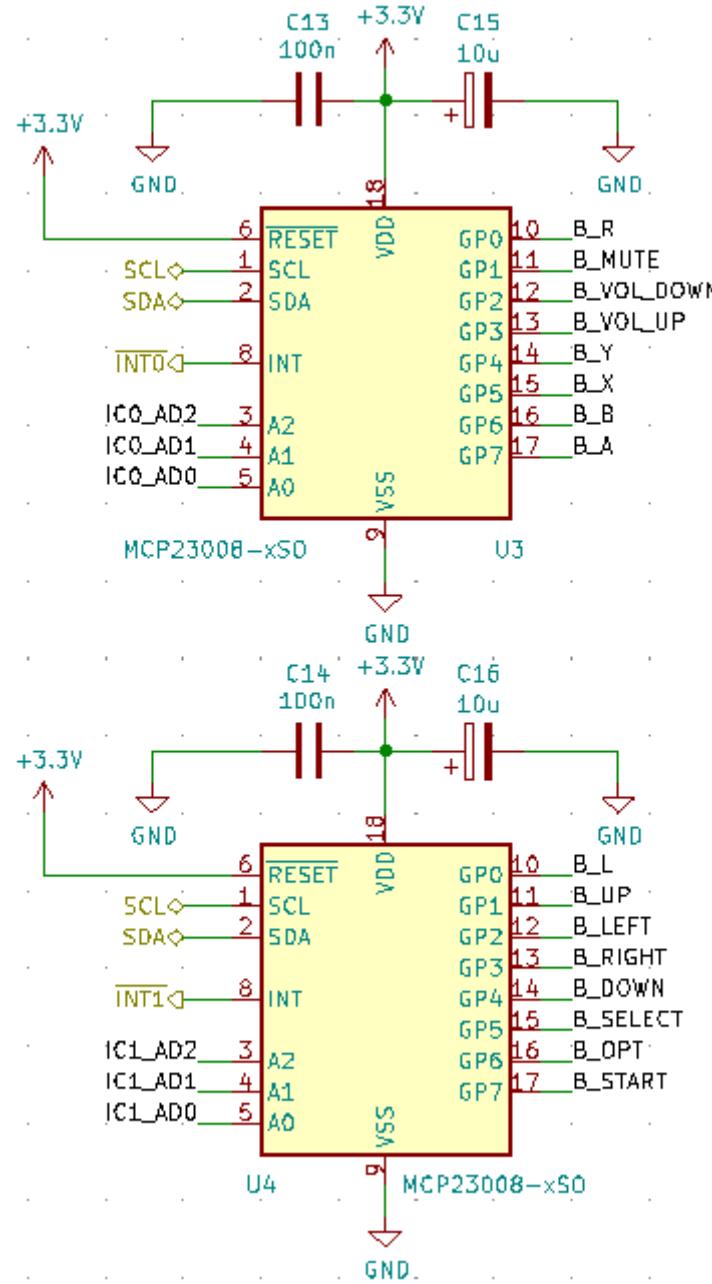


Figure 10: Schemat połączeń układów kontrolera

2.6 Programator

Informacje ogólne

Za programowanie konsoli odpowiada układ CH340G, który jest podłączony do portu USB-C (odpowiedzialnego również za ładowanie konsoli). Programowanie jest możliwe w różnych prędkościach, lecz najszybszą przetestowaną było 921600 bodów. Układ ten dzięki pobliskim tranzystorom automatycznie resetuje mikrokontroler i wprowadza go w stan programowania, po czym resetuje go ponownie.

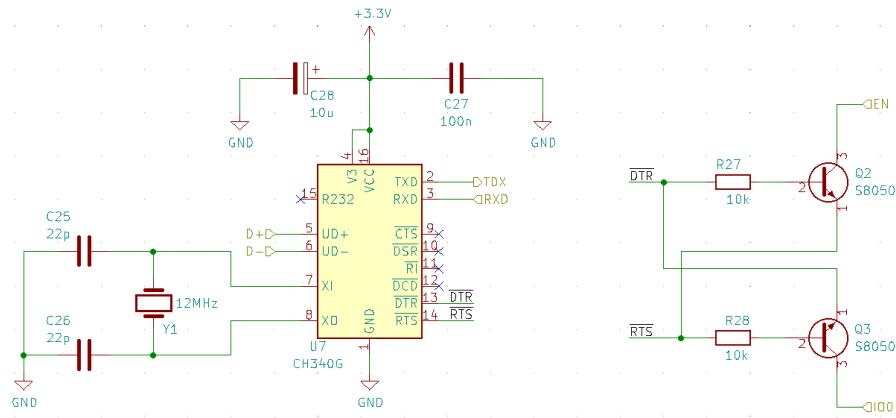


Figure 11: Schemat programatora

2.7 Slot kart SD

Informacje ogólne

Nośnikiem danych na gry jest karta SD. Podłączana jest ona do konsoli poprzez slot kart SD wbudowany w moduł ekranu. Komunikacja do karty SD odbywa się po magistrali SPI_b. Taktowanie magistrali wynosi 20 MHz, może zostać zwiększone do 40 MHz co przyspieszy wczytywanie gier. Ta sama magistrala dostępna jest na porcie rozszerzeń.

Podłączenie magistrali:

MISO	MOSI	SCK	CS
12	13	14	15

2.8 Port rozszerzeń

Informacje ogólne

Port rozszerzeń jest ważną cechą konsoli. Dzięki niemu możliwości mogą zostać zwiększone w niemal dowolnym zakresie. Zawiera on magistralę SPI_b do podłączenia karty SD lub pamięci FLASH wbudowanej w moduł rozszerzający, dzięki czemu moduł taki może być używany bez dodatkowej karty SD. Po magistrali tej można podłączyć również inne urządzenia peryferyjne korzystające z SPI. Może to jednak wpływać na odczyt kart SD. Podłączona jest do niego również magistrala I²C_b dzięki czemu można podłączyć urządzenia takie jak żyroskop, czy akcelerometr. Dodatkowo port ten ma wbudowane 4 piny GPIO z których 2 są portami IO, a 2 kolejne portami input only. Układy na porcie mogą być zasilane z 5V oraz 3,3V. Należy pamiętać że **ESP32 przyjmuje na wejścia tylko 3,3V!**

Rozkład wyprowadzeń:

SDA	SCL	D0	D1	D2	D3
21	22	25	26	36	39

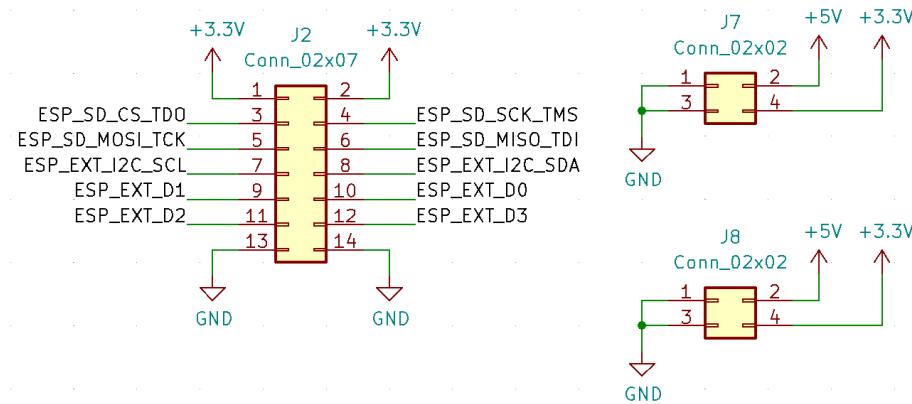


Figure 12: Wyprowadzenia portu na schemacie

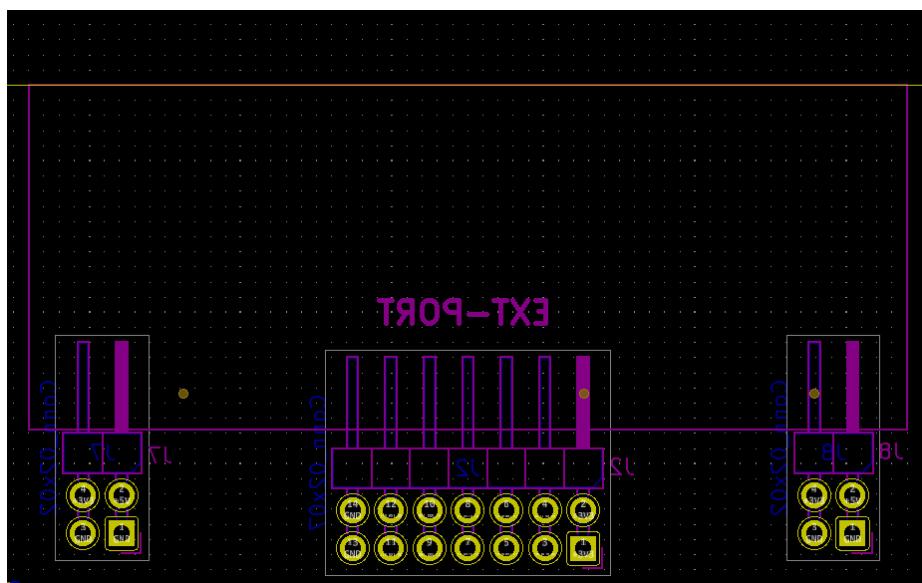


Figure 13: Wyprowadzenia portu na PCB

3 Schematy

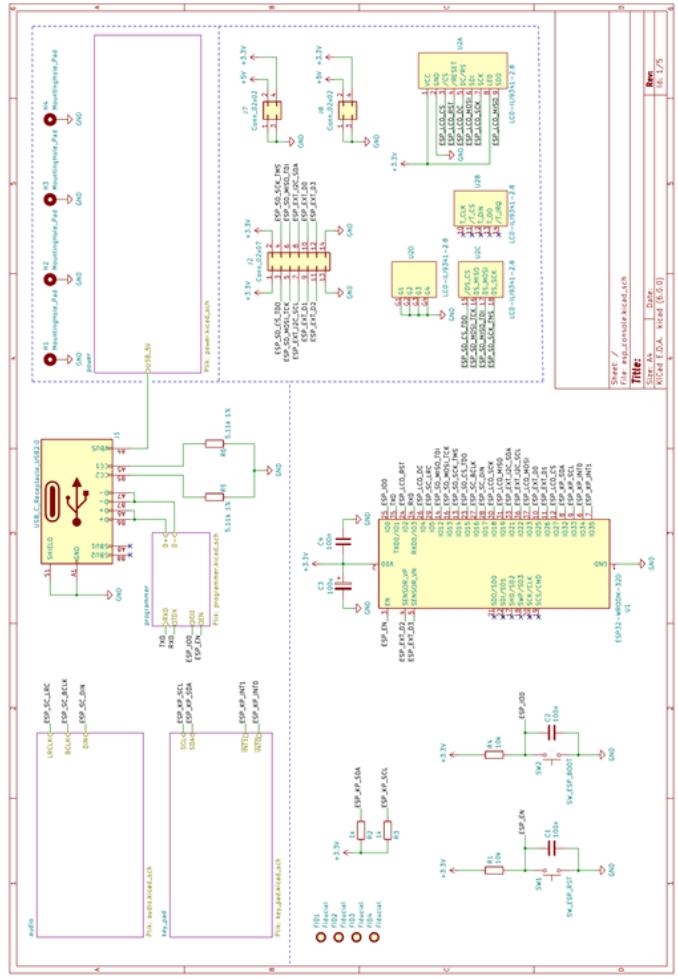


Figure 14: Schemat ogólny

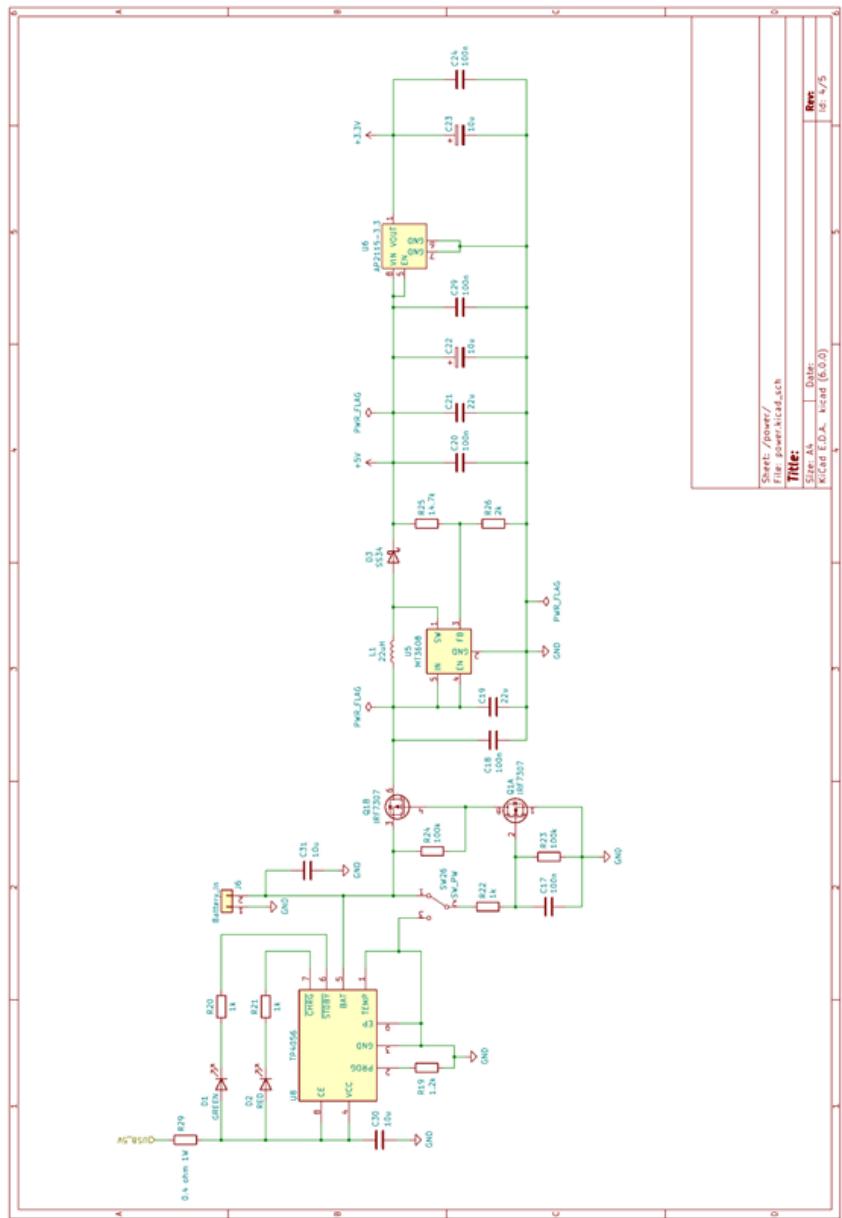


Figure 15: Schemat zasilania

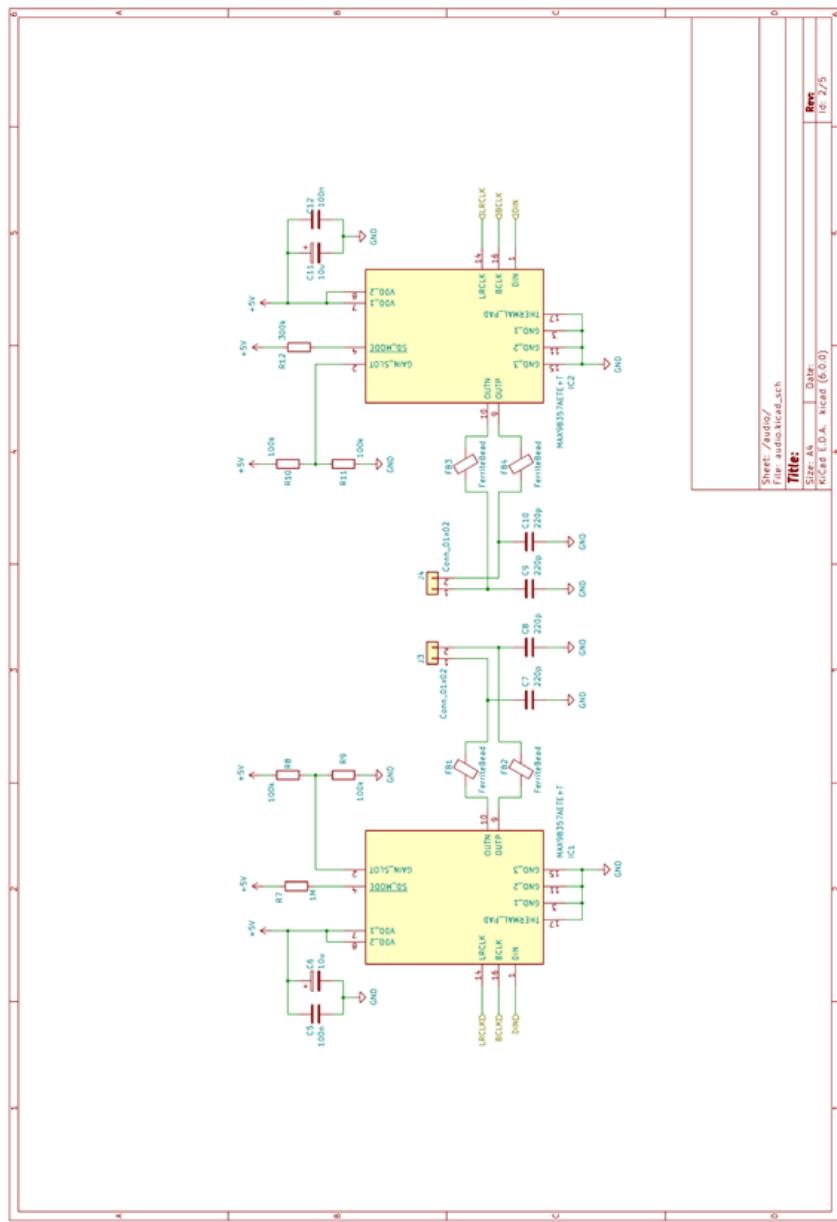


Figure 16: Schemat audio

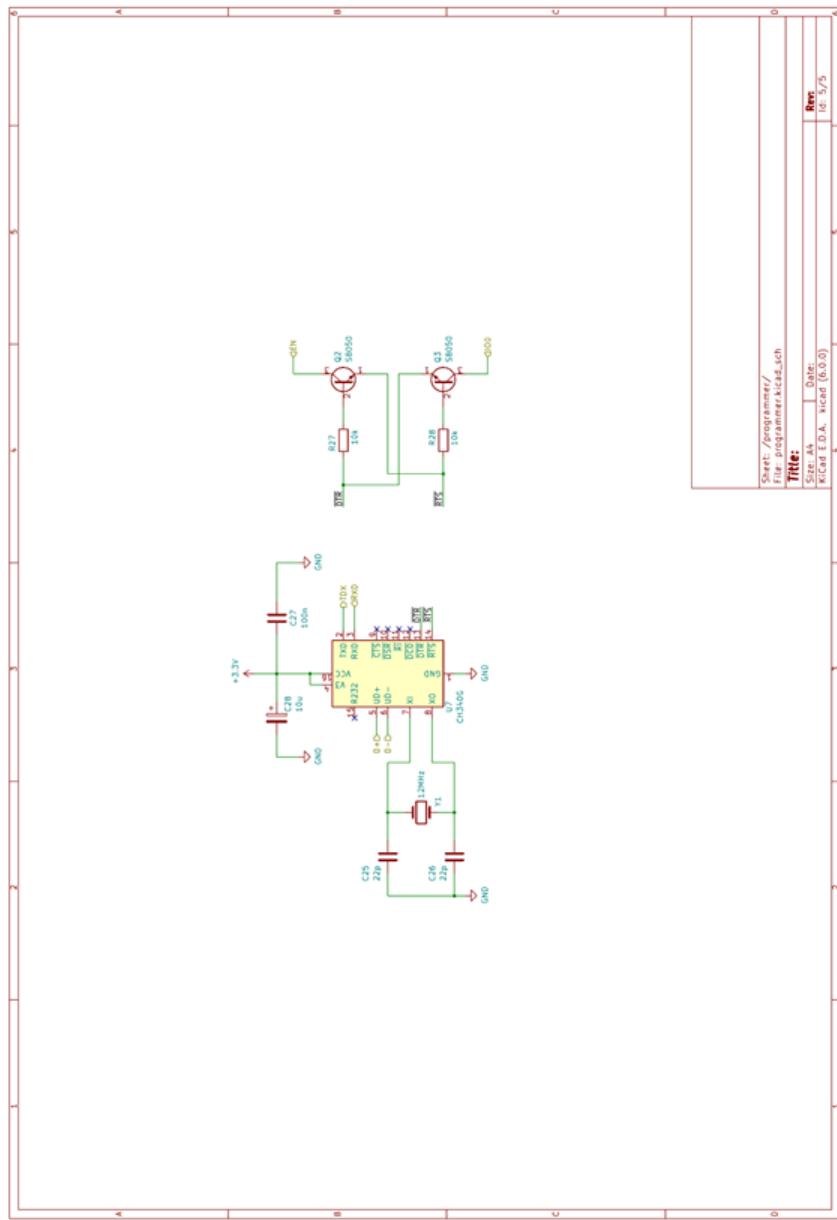


Figure 17: Schemat programatora

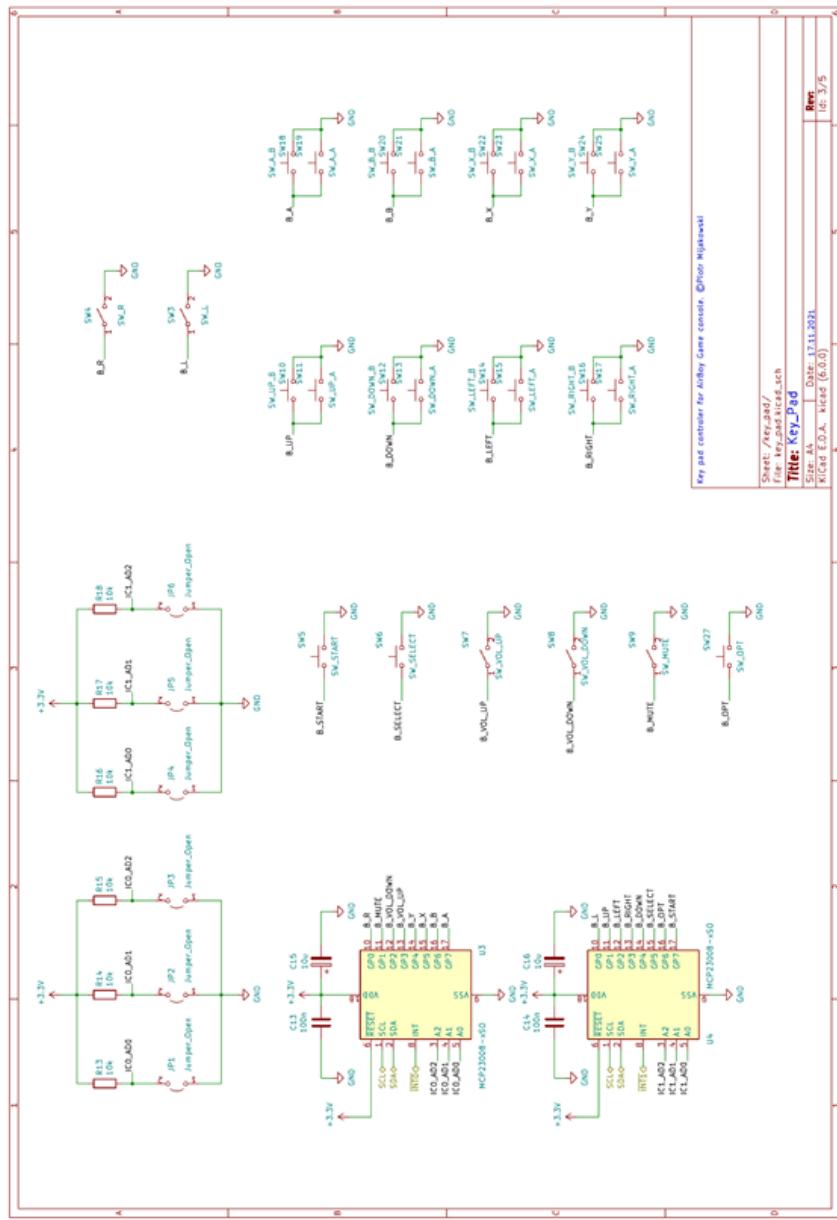


Figure 18: Schemat kontrolera

4 PCB

Płytki PCB zostały stworzone przez nas, lecz wykonanie zostało zlecone zewnętrznej firmie.

4.1 Opis

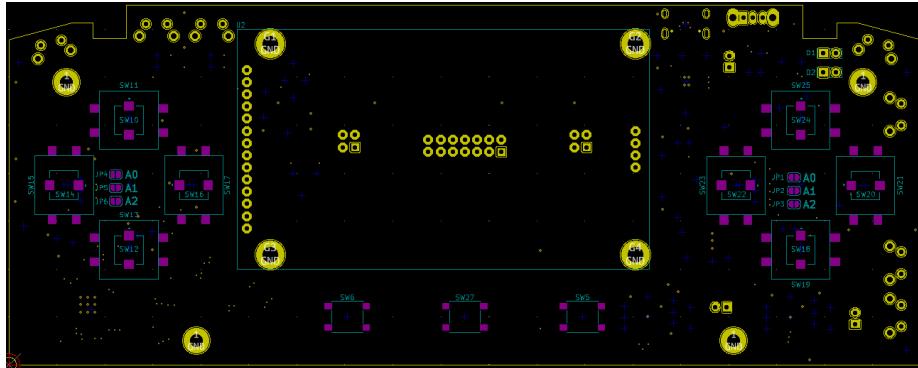


Figure 19: Warstwa górska opisu

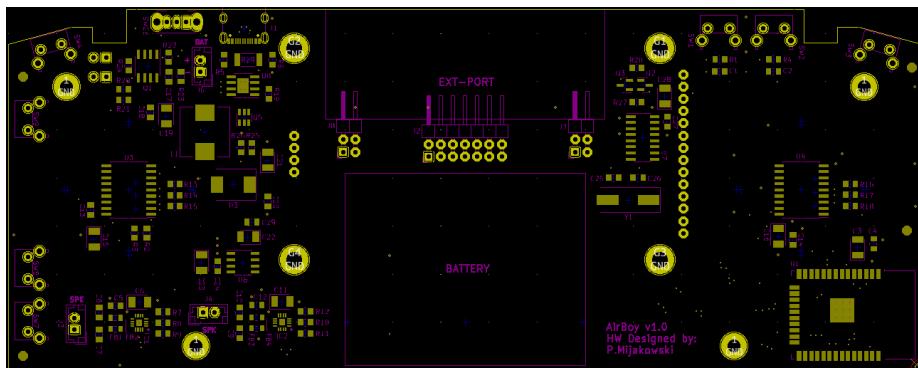


Figure 20: Warstwa dolna opisu

4.2 Ścieżki

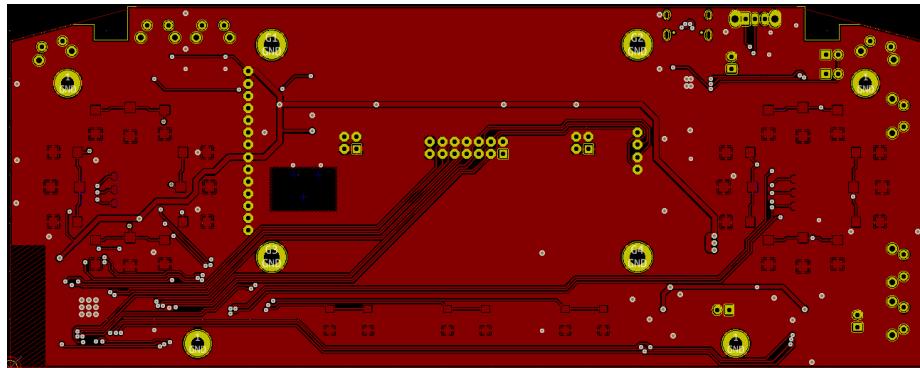


Figure 21: Warstwa górna ścieżek

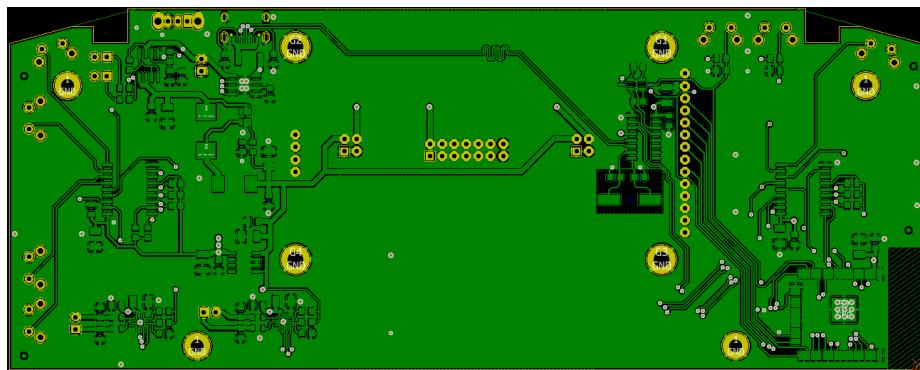


Figure 22: Warstwa dolna ścieżek

5 Bibliografia

- https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf
- <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX98357A-MAX98357B.pdf>
- <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ILI9341.pdf>
- <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP23008-MCP23S08-Data-Sheet-20001919F.pdf>
- <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132618/ETC2/CH340G.html>
- <https://www.olimex.com/Products/Breadboarding/BB-PWR-3608/resources/MT3608.pdf>
- <http://www.tp4056.com/d/tp4056.pdf>
- <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/AP2115.pdf>
- <https://www.infineon.com/dgdl/irf7307pbf.pdf?fileId=5546d462533600a4015355f20d211b0e>