

Wrocław, 11.01.2017 r.

**Laboratorium Optoelektroniki i Fotoniki
Politechnika Wrocławska**

Laserowa transmisja szeregowa typu simplex

Optoelektronika 2 - Projekt

Filip Maszewski 226743

Jakub Zajączkowski 226685

Marek Kaniewski 226778

Kamil Jamros 226821

Spis treści

1.	Wstęp.....	5
2.	Wprowadzenie teoretyczne	6
2.1.	Arduino	6
2.2.	LCD alfanumeryczny	6
2.3.	Sieci bezprzewodowe	7
2.4.	Modulacja	7
2.5.	UART	7
2.6.	Transmisja simplex.....	8
2.7.	Transmisja światłowodowa	9
2.8.	Fotodioda	9
2.9.	Dioda laserowa	11
3.	Założenia projektowe	13
3.1.	Założenia funkcjonalne.....	13
3.2.	Założenia konstrukcyjne	13
4.	Opis części sprzętowej	14
4.1.	Spis elementów	15
4.2.	Tor optyczny.....	15
4.3.	Układ odbiorczy	16
4.3.1.	Wzmacniacz transimpedancyjny	16
4.3.2.	Wzmacniacz nieodwracający.....	17
4.3.3.	Komparator	17
4.4.	Układ nadawczy	19
5.	Oprogramowanie	20
5.1.	Odbiornik (Arduino).....	20
5.1.1.	Schemat blokowy.....	20
5.1.2.	Zasada działania odbiornika	21
5.2.	Nadajnik (Labview)	22
5.2.1.	Stan Init.....	24
5.2.2.	Stan Idle	26
5.2.3.	Stan Send	26
5.2.4.	Stan End	27
6.	Uruchomienie	28
6.1.	Moduł nadawczy.....	28
6.2.	Moduł odbiorczy.....	29

6.3.	Widok działającego układu	31
7.	Instrukcja obsługi dla użytkownika.....	32
1.	Specyfikacja.....	32
1.1.	Specyfikacja nadajnika	32
1.2.	Specyfikacja odbiornika	32
2.	Uruchomienie	32
8.	Podsumowanie	34
9.	Bibliografia.....	35
10.	Dodatek	36
10.1.	Kod programu Arduino:.....	36
10.2.	Najważniejsze parametry elementów:	37
10.2.1.	Mikrokontroler AVR - ATmega328P.....	37
10.2.2.	Wyświetlacz LCD	38
10.2.3.	Dioda laserowa	38
10.2.4.	Fotodioda PIN SFH203P	38
10.2.5.	Wzmacniacz operacyjny LM358P	39
10.2.6.	Arduino Uno R3.....	39

1. Wstęp

Komunikacja z wykorzystaniem ogólnie pojętego światła znana była już dawno temu. W czasach średniowiecza rozpalano ogniska, aby ich dym, widziany z dużej odległości ostrzegał wioski przed najazdami. Na Wielkim Murze Chińskim do przekazywania wiadomości alarmowych na wypadek zbliżania się nieprzyjaciół służyły wieże sygnalizacyjne rozmieszczone co 100 metrów, na których w nocy zapalano ogień, a w dzień wypuszczano dym, który błyskawicznie był przekazywany wzdłuż całego kraju systemem „od wieży do wieży”. Szybkość przekazywania informacji ograniczała praktycznie tylko szybkość reakcji wartowników.

Dziś za pomocą światła przysyła się znacznie większe ilości informacji, znacznie szybciej i na większe odległości. Urządzenia komunikacyjne wykorzystujące światło są dziś rozpowszechnione na całym świecie. Sieci światłowodowe służą jako podstawowe medium współczesnej sieci Internet, zaraz obok tradycyjnych przewodów miedzianych. Piloty zdalnego sterowania używane są między innymi do zmiany kanałów w odbiorniku telewizyjnym, do otwierania bram garażowych itp.

W niniejszym raporcie opisany został proces inżynierski związany ze stworzeniem prostego urządzenia zdolnego do transmisji danych na odległość z użyciem światła. Aby stworzenie projektu było możliwe, należało znać wiele zagadnień związanych między innymi z elektroniką, fizyką, optyką, fotoniką, programowaniem czy mechaniką.

Opis części sprzętowej został napisany w taki sposób, aby możliwe było odtworzenie funkcjonalności oraz konstrukcji urządzenia.

W dalszej części raportu znajdują się kluczowe fragmenty kodu programów napisanych na potrzeby projektu wraz z objaśnieniami najważniejszych funkcjonalności. Ponadto w dodatku znaleźć można pliki z całym kodem, gotowe do kompilacji i uruchomienia.

Dodatek zawiera także noty katalogowe kluczowych elementów użytych w projekcie. Dzięki temu możliwe jest znalezienie zamienników.

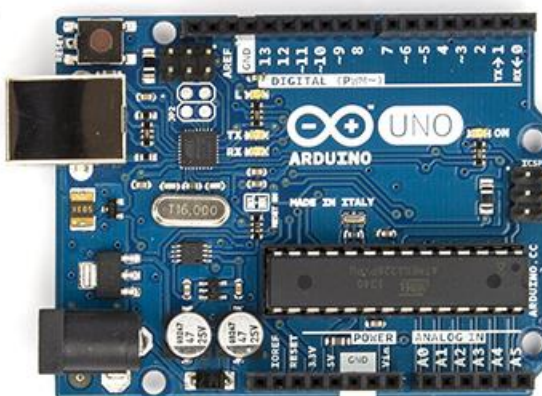
Podstawowymi urządzeniami wchodzącymi w skład systemu są:

- Źródło informacji
- Koder nadawczy
- Nadajnik optyczny
- Detektor optyczny
- Detektor odbiorczy
- Odbiorca informacji

2. Wprowadzenie teoretyczne

2.1. Arduino

Arduino jest to platforma programistyczna dla systemów wbudowanych oparta na prostym projekcie Open Hardware przeznaczonym dla mikrokontrolerów montowanych w pojedynczym obwodzie drukowanym, z wbudowaną obsługą układów wejścia/wyjścia oraz standaryzowanym językiem programowania. [12]



Zdjęcie 1 Widok modułu Arduino UNO [12]

2.2. LCD alfanumeryczny

Wyświetlacz ciekłokrystaliczny, LCD (od ang. liquid-crystal display) jest to urządzenie wyświetlające obraz, którego zasada działania oparta jest na zmianie polaryzacji światła na skutek zmian orientacji cząsteczek ciekłego kryształu pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego. [11]



Zdjęcie 2 Wyświetlacz alfanumeryczny [10]

2.3. Sieci bezprzewodowe

Sieci bezprzewodowe są bardzo przydatną oraz efektywną metodą alternatywną dla sieci przewodowych. Jako medium transmisyjne wykorzystują najczęściej fale radiowe lub fale podczerwone. Aby przesyłanie danych bezprzewodowo było możliwe, konieczne jest odpowiednie modulowanie fali.

Jednym ze standardów transmisji bezprzewodowej jest IrDA, który skupia cechy urządzeń wykorzystujących systemy bezprzewodowej transmisji cyfrowych danych w wykorzystaniem promieniowania podczerwonego. Standard charakteryzuje się:

- Prostą i taną implementacją
- Małym poborem mocy
- Połączeniami bezpośrednimi
- Wolnym i niepewnym transferem danych

Technologia IrDA wykorzystuje skupioną wiązkę światła podczerwonego. Warunkami koniecznymi do transmisji jest posiadanie dwóch urządzeń – nadajnika i odbiornika oraz bezwzględna, wzajemna widoczność.

Przedmiot projektu jest zbliżony do standardu IrDA.

2.4. Modulacja

Modulacja jest celową (czasem samorzutną) zmianą parametrów sygnału. W transmisji danych z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego wykorzystuje się modulację sygnału prądu przemiennego co niesie efekt modulacji wiązki promieniowania.

W przypadku projektu modulacja polega na kluczowaniu prądu lasera sygnałem wyjściowym z konwertera USB-UART.

2.5. UART

Uniwersalny asynchroniczny nadajnik - odbiornik (ang. *Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter*) służy do przesyłania danych pomiędzy urządzeniami.

Znaleźć można go na wyposażeniu praktycznie każdego mikrokontrolera. Zawiera on konwerter równoległo-szeregowy (ang. *parallel-to-serial*), do konwersji danych przesyłanych z komputera, i szeregowo-równoległy (ang. *serial-to-parallel*), do konwersji danych przychodzących do komputera. UART posiada także bufor do tymczasowego gromadzenia danych w przypadku szybkiej transmisji. [6]

Ramka danych jest ogólnie ustaloną sekwencją znaków, które muszą się pojawić w określonej kolejności podczas komunikacji. Obie strony transmisji (urządzenie nadawcze i odbiorcze) muszą znać parametry tej ramki, aby komunikacja przebiegła pomyślnie.



Zdjęcie 3 Ramki danych UART

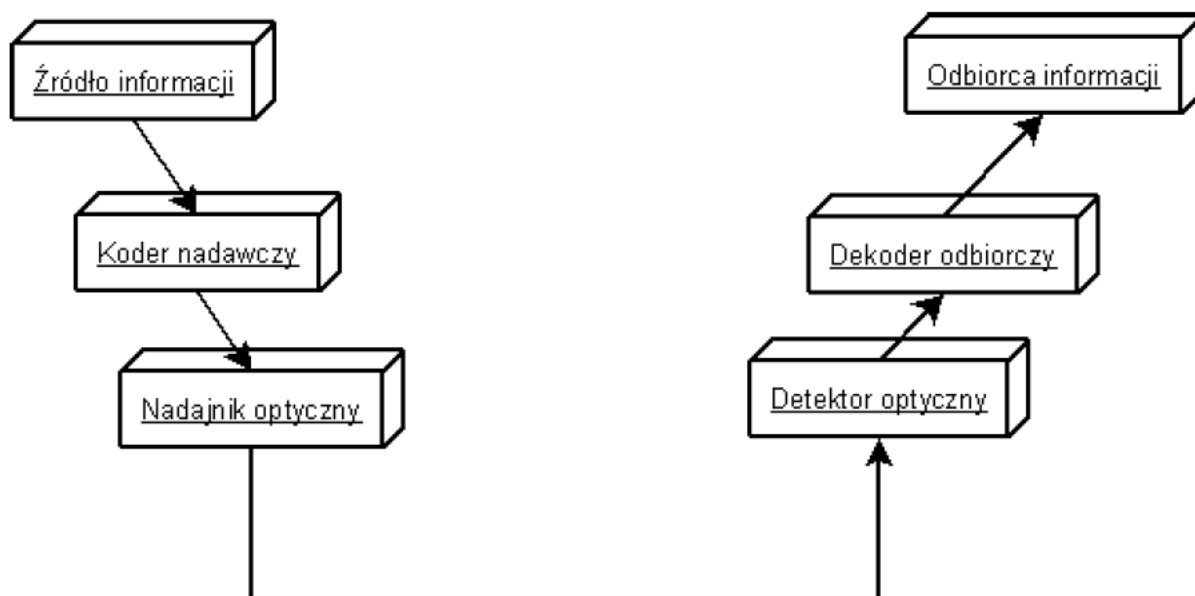
- Stan bezczynności (Idle) – oznacza, że aktualnie nie przebiega żadna transmisja. Komunikowany jest przez wymuszenie stanu wysokiego na linii danych.
- Bit startu (St) – rozpoczyna każdą ramkę danych. W tym wypadku jest to wymuszenie stanu niskiego na linii danych. Bit startu jest obowiązkowym elementem każdej ramki.
- Bity danych (0-8) – bity danych reprezentują aktualne informacje, które chcemy przesłać. Standardowo przesyła się ramki złożone z 8 bitów danych. W teorii może być ich od 5 do 9.
- Bit parzystości (P) – służy jako podstawowa, niskopoziomowa forma sprawdzenia poprawności przesłanych danych. Jest on opcjonalny i jego obecność jest jednym z konfigurowalnych parametrów transmisji. Bit parzystości może działać w dwóch trybach:
 - Parzysty – celem jest uzyskanie parzystej sumy bitów danych i bitu parzystości. Jeżeli liczba „jedynek” w bitach danych była nieparzysta, bit przyjmie wartość 1. Jeżeli liczba ta była parzysta, bit parzystości przyjmie wartość 0.
 - Nieparzysty – analogicznie do trybu parzystego. Bit parzystości zawsze przyjmie taką wartość, aby sumarycznie liczba bitów w stanie wysokim była liczbą nieparzystą.
- Bit stopu (Sp1, Sp2) – bit oznaczający zakończenie całej ramki danych. Komunikowany jest jako wymuszenie stanu wysokiego na linii danych. Liczba bitów stopu jest konfigurowalna i może wynosić 1 lub 2.

2.6. Transmisja simplex

Simplex – w telekomunikacji (najczęściej w radiokomunikacji) określenie połączenia, w którym transmisja odbywa się jednostronnie z nadajnika do odbiornika. Przykładem zastosowania takiego typu komunikacji może być pilot zdalnego sterowania (np. Do bramy garażowej, do telewizora, sterowanie zabawkami). [1]

2.7. Transmisja światłowodowa

Transmisja światłowodowa – metoda przesyłania informacji z jednego miejsca w inne za pomocą światła poprzez światłowód. Źródłem światła najczęściej jest laser, odbiornikiem fotodioda lub fototranzystor.

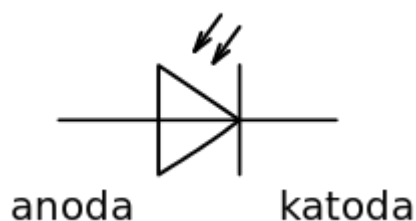


Zdjęcie 4 Schemat blokowy obrazujący zasadę działania

2.8. Fotodioda

Fotodioda – dioda półprzewodnikowa pracująca jako fotodetektor, zamienia światło w prąd elektryczny. Fotodiody mogą zawierać w swej strukturze filtry optyczne oraz soczewki, mogą mieć różną powierzchnię światłoczułą. Powszechnie stosowane panele słoneczne są przykładem fotodiody o dużej powierzchni światłoczułej. [4]

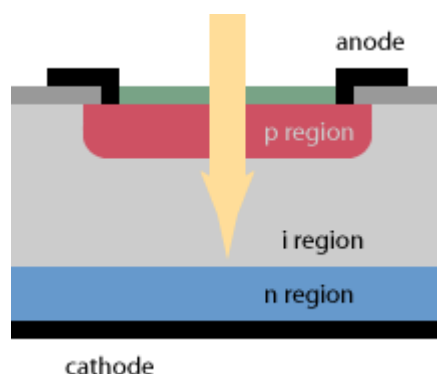
Na zdjęciu 3 przedstawiono symbol fotodiody wraz z oznaczeniem odpowiednich elektrod: anody i katody.



Zdjęcie 5 Oznaczenie fotodiody na schematach

Fotodiody zaprojektowane do pracy jako fotodetektory często zamiast złącza p-n posiadają złącze p-i-n. Jest to złącze, w którym pomiędzy domieszkowane warstwy półprzewodnika o przewodnictwie typu p oraz n umieszcza się warstwę półprzewodnika samoistnego – wolnego od domieszek. Powoduje to zmniejszenie się pojemności złącza, co pozwala na pracę przy wyższych częstotliwościach.

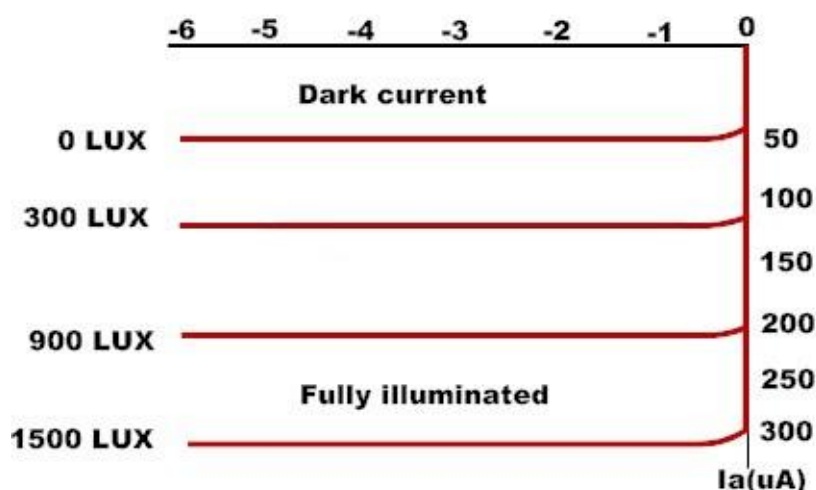
Zdjęcie 4 schematycznie przedstawia uproszczoną budowę wewnętrzną fotodiody typu PIN.



Zdjęcie 6 Budowa fizyczna fotodiody PIN

Fotodiody w roli detektora najczęściej pracują spolaryzowane zaporowo.

Poniższy wykres na Rysunku 4 prezentuje przykładową zależność płynącego prądu od ekspozycji fotodiody na różne natężenia oświetlenia przy polaryzacji zaporowej.



Zdjęcie 7 Zależność płynącego prądu od przyłożonego napięcia dla różnych długości fal promieniowania elektromagnetycznego [14]

2.9. Dioda laserowa

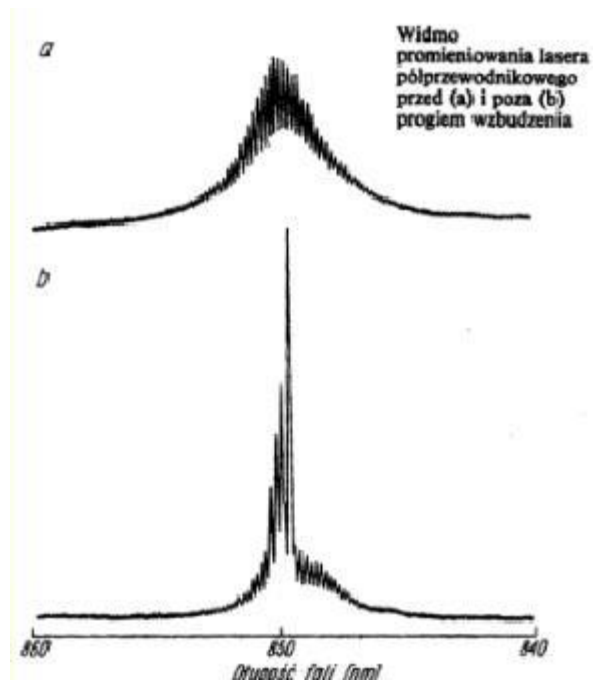
Laser półprzewodnikowy – nazywany również laserem diodowym lub diodą laserową - laser, którego ośrodkiem czynnym jest półprzewodnik. Najczęściej laser półprzewodnikowy ma postać złącza p-n w którym obszar czynny jest pompowany przez przepływający złączem prąd elektryczny. Zaletą tego rozwiązania jest mały wymiar oraz łatwość modulacji prądem sterującym o wysokiej częstotliwości. Dodatkowo diody laserowe są produkowane w szerokim paśmie emitowanego światła: od podczerwieni do skraj fioletowego pasma widzialnego. W porównaniu z LED ten typ diody musi zapewniać:

- Inwersję obsadzeń
Musi być obszar, gdzie jest dużo elektronów w paśmie przewodzenia i dziur w paśmie walencyjnym. Uzyskuje się to w wyniku dodatniej polaryzacji złącza utworzonego z silnie domieszkowanych materiałów n oraz p (półprzewodniki zdegenerowane).
- Optyczne dodatnie sprzężenie zwrotne
Rezonator ma kształt prostopadłościanu o rozmiarach rzędu ułamka milimetra. Sprzężenie optyczne uzyskuje się dzięki parze zwierciadeł prostopadłych do płaszczyzny obszaru czynnego lub dzięki specjalnie pofałdowanej powierzchni równoległej do tego obszaru (lasery z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym: DFB –Distributed FeedBack).



Zdjęcie 8 Widok użytego modułu diody laserowej [15]

Widmo częstotliwościowe diody laserowej jest wąskie. Ze względu na obecność zwierciadeł na końcach struktury generowane są fale o kilku różnych długościach. Charakterystyka widmowa składa się zwykle z wielu wierzchołków. Spowodowane jest to wzbudzaniem tych modów, którym odpowiada największa dobroć rezonatora.



Zdjęcie 9 Widmo promieniowania diody laserowej przed i poza progiem wzbudzenia

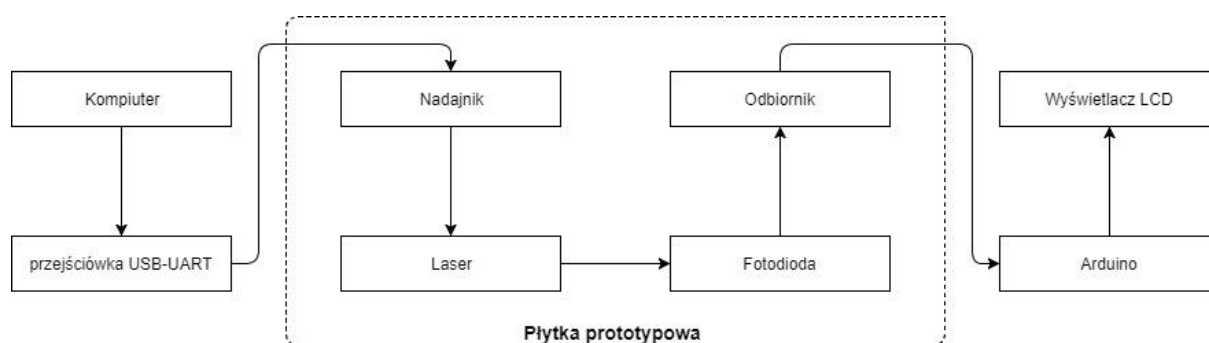
3. Założenia projektowe

3.1. Założenia funkcjonalne

- Transmisja bezprzewodowa
- Wyświetlanie odebranych informacji na wyświetlaczu
- Transmisja jednokierunkowa, szeregowo
- Zasięg 10m
- Nadawanie przy pomocy komputera
- Możliwość użycia dedykowanej aplikacji LabView lub zewnętrznego programu

3.2. Założenia konstrukcyjne

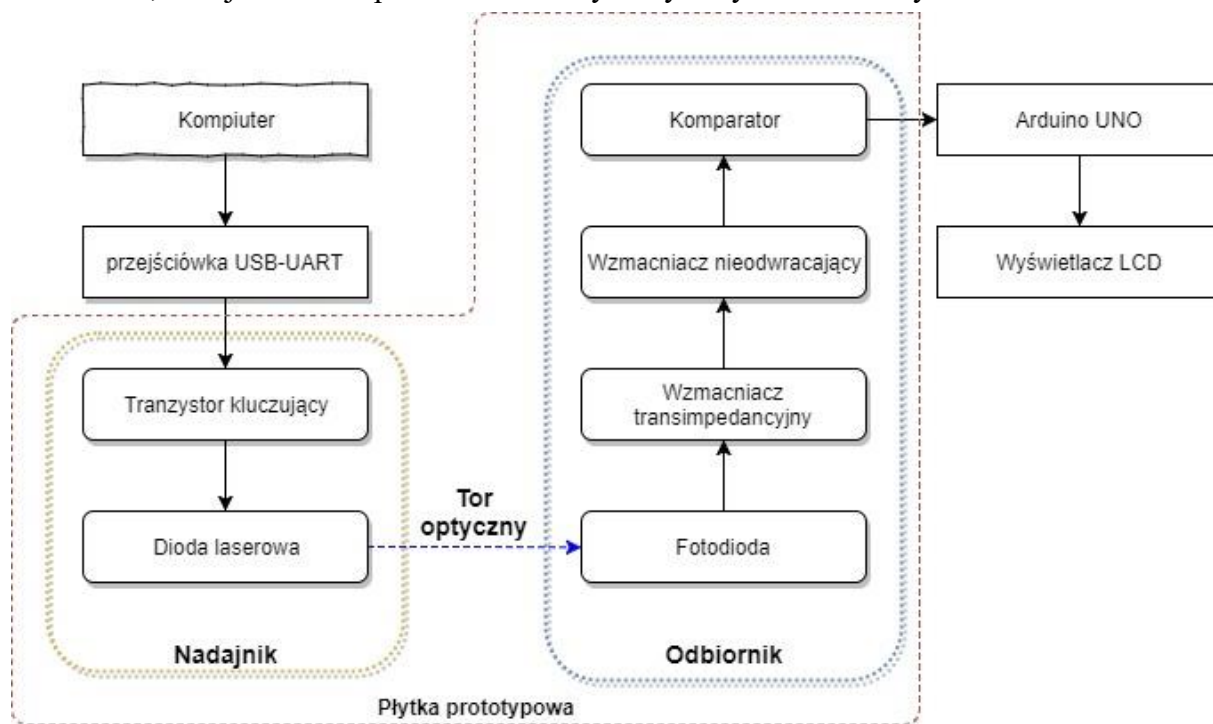
- Odbiornik oraz nadajnik zasilane z portu USB komputera
- Dane wyświetlane na wyświetlaczu LCD 2x16 znaków
- Arduino wykorzystane jako odbiornik
- Konwerter USB-UART wykorzystany jako nadajnik
- Odbiór przy użyciu fotodiody
- Nadawanie przy użyciu półprzewodnikowej diody laserowej



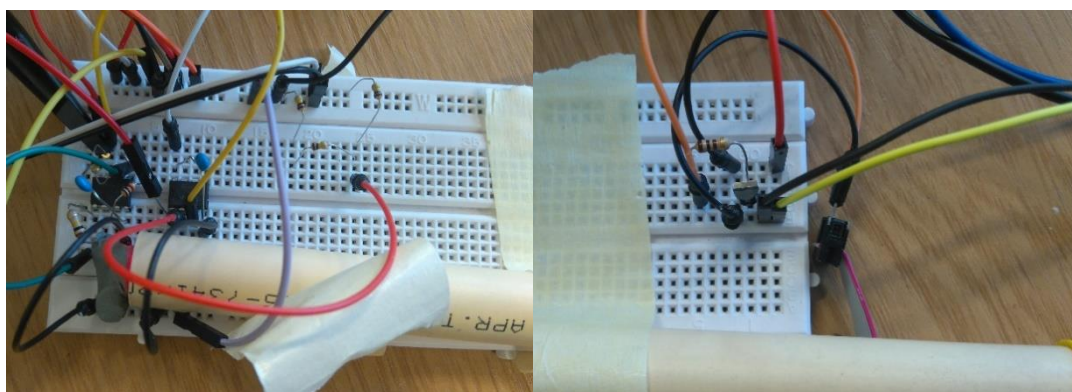
Zdjęcie 10 Schemat blokowy założeń projektowych

4. Opis części sprzętowej

W tym rozdziale zamieszczono zdjęcia urządzenia, schemat blokowy i ideowy odbiornika, nadajnika oraz spis elementów wykorzystanych do budowy układów.



Zdjęcie 11 Schemat blokowy architektury urządzenia



Zdjęcie 12 Odbiornik (po prawej) i nadajnik (po lewej) w trakcie uruchomienia

4.1. Spis elementów

Układ odbiorczy:

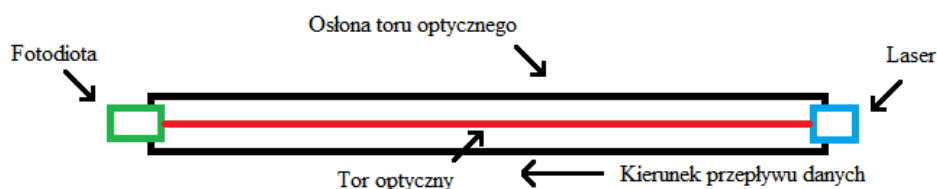
- układ LM 358N
- fotodioda PIN SFH203P
- elementy bierne: rezystory, kondensatory zgodnie ze schematem ideowym

Układ nadawczy:

- dioda laserowa czerwona 650nm 5mW
- Tranzystor bipolarny BC 547
- elementy bierne: rezystory ograniczające prądy płynące w nadajniku
- Konwerter USB-UART

4.2. Tor optyczny

W celu wyeliminowania wpływu światła zewnętrznego na układ zastosowano tubę z tworzywa, w której przebiega tor optyczny. Laser oraz fotodiodę zamontowano na przeciwległych końcach tuby, co zilustrowano na zdjęciu 13.



Zdjęcie 13 Schemat toru optycznego

Zastosowanie tuby powoduje wyeliminowanie składowej stałej oraz zapobiega nasyceniu się układu odbiorczego.

4.3. Układ odbiorczy

Układ odbiorczy składa się z czterech głównych bloków funkcjonalnych:

- Wzmacniacza transimpedancyjnego
- Wzmacniacza nieodwracającego
- Komparatora
- Dekodera danych

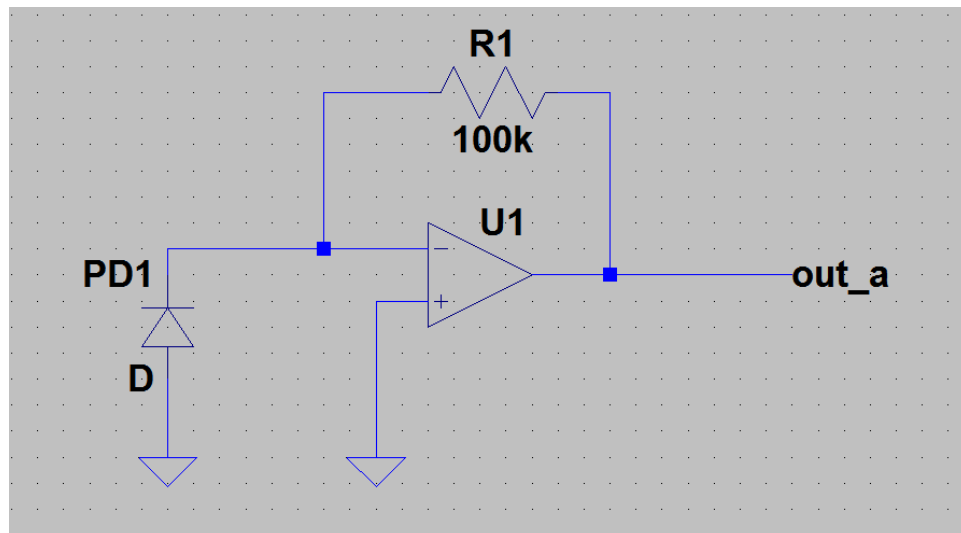
Pierwsze trzy bloki zostały zaprojektowane z użyciem wzmacniaczy operacyjnych. Czwarty blok składa się z Arduino Uno, które interpretuje odebrany sygnał, oraz wyświetlacza LCD, na którym Arduino wyświetla dane już zinterpretowane.

4.3.1. Wzmacniacz transimpedancyjny

Pierwszy blok funkcjonalny odbiornika służy do konwersji prądu płynącego przez spolaryzowaną zaporowo fotodiodę na napięcie [2]. Prąd ten jest wprost proporcjonalny do natężenia światła padającego na fotodiodę [3]. Wartość napięcia wyjściowego jest funkcją prądu płynącego przez fotodiodę i można ją obliczyć zgodnie z równaniem 1.

$$U = I \cdot R$$

Równanie 1 Równanie na napięcie wyjściowe wzmacniacza transimpedancyjnego



Zdjęcie 14 Schemat wzmacniacza transimpedancyjnego

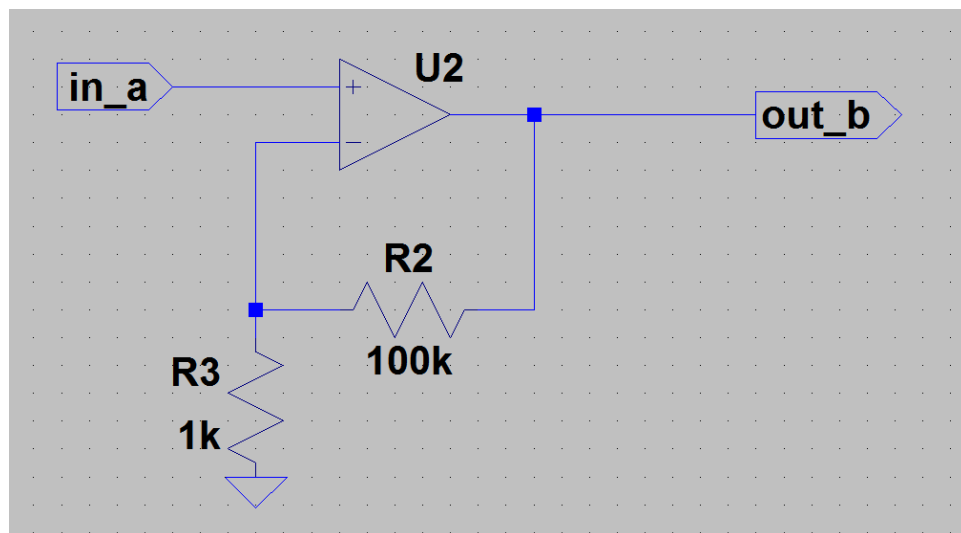
Podczas normalnych warunków pracy napięcie wyjściowe pierwszego bloku odbiornika zmienia się w zakresie od ok 1mV przy stanie niskim (brak światła lasera) oraz ok 40mV w stanie wysokim (laser oświetla detektor).

4.3.2. Wzmacniacz nieodwracający

Drugim blokiem układu odbiornika jest wzmacniacz operacyjny w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego. Wejście tego bloku jest bezpośrednio połączone z wyjściem bloku poprzedniego. Napięcie wejściowe wzmacniacza zmienia się w zakresie od 1mV do 40mV. W celu dalszego kondycjonowania sygnału z pierwszego stopnia, wymagane jest jego wzmocnienie. Wartość rezystorów sprzężenia zwrotnego dobrano tak, aby wzmocnienie wynosiło ok 100 V/V. Konsekwencją tego miał być sygnał wyjściowy zmieniający się w granicach 0.1 – 4V [5]. Tak wzmocniony sygnał jest podawany na wejście trzeciego bloku odbiornika. Obliczenia wykonano zgodnie z równaniem 2.

$$K_u = \frac{R_2}{R_3} + 1 = \frac{100\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega} + 1 = 101 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

Równanie 2 Obliczenia wzmocnienia wzmacniacza nieodwracającego



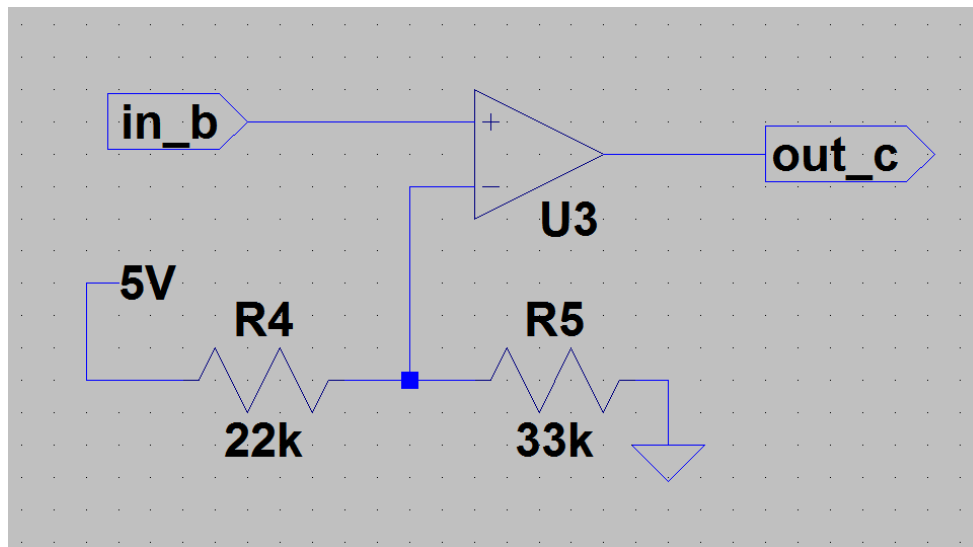
Zdjęcie 15 Schemat wzmacniacza nieodwracającego

4.3.3. Komparator

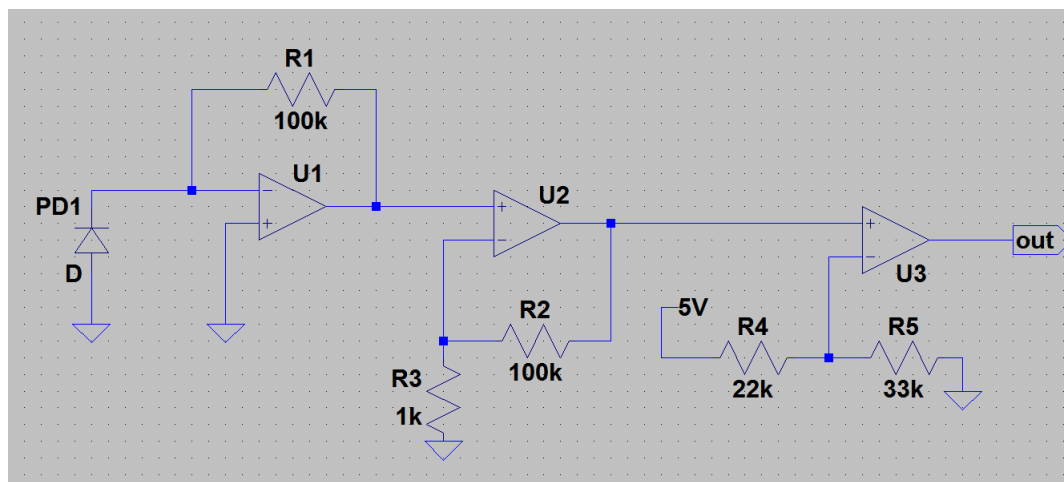
W celu poprawienia szybkości narastania i opadania zbocz odebranego sygnału, a także aby zapewnić poziomy napięcie akceptowane przez kolejny blok odbiornika, został zastosowany komparator. Wartość napięcia komparacji zostało dobrane blisko napięcia w stanie wysokim, dzięki temu zostały poprawione zbocza sygnału przy jednoczesnym zachowaniu wymaganego czasu trwania stanów wysokich oraz niskich. W założeniu umożliwia to użycie wyższej prędkości transmisji oraz zapewnia poziomy napięcie wyjściowych rozpoznawanych przez mikrokontroler. Aby uzyskać napięcie odniesienia zaprojektowano rezystorowy dzielnik napięcia, którego parametry wyznaczono zgodnie z równaniem 3.

$$U_{ref} = \frac{U_{zas} \cdot R_4}{(R_4 + R_5)} = \frac{5V \cdot 22k\Omega}{(22k\Omega + 33k\Omega)} = 3V$$

Równanie 3 Obliczenia napięcia referencyjnego z dzielnika napięciowego



Zdjęcie 16 Schemat komparatora



Zdjęcie 17 Schemat trzech pierwszych bloków kondycjonujących sygnał połączonych w całość

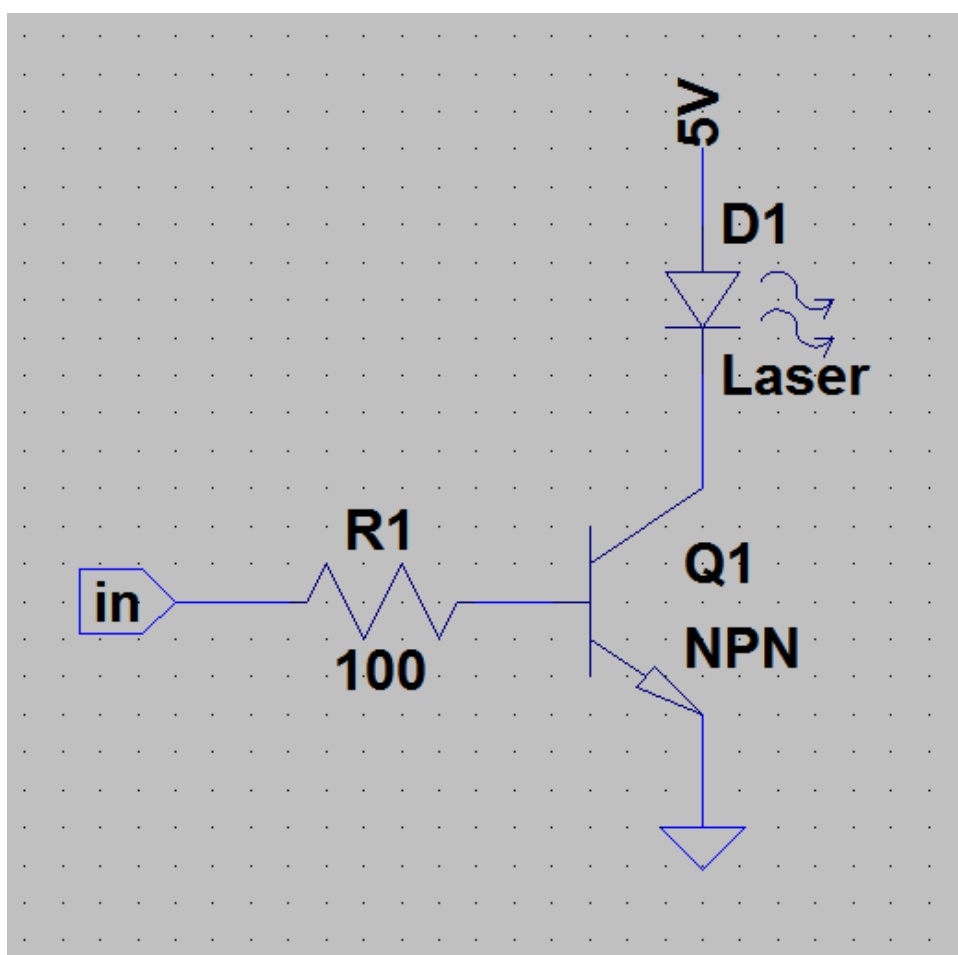
W kolejnym kroku sygnał z komparatora podawany jest na port szeregowy mikrokontrolera znajdującego się na płycie Arduino. Szczegóły związane z odbiorem zostały zawarte w dziale poświęconym opisowi oprogramowania.

4.4. Układ nadawczy

Układ nadawczy składa się z konwertera USB-UART oraz bloku modulującego promień lasera. Blok modulacji złożony jest z:

- tranzystora kluczujący BC 547
- dioda laserowa 650nm 5mW
- rezystor

Z konwertera USB-UART otrzymywany jest sygnał - elektryczna reprezentacja znaków ASCII nadanych z komputera. Poziomy napięcie wyjściowych to 0 – 3.3V. Sygnał ten następnie, poprzez rezystor ograniczający prąd, jest podawany na bazę tranzystora. Powoduje to modulację światła emitowanego przez laser sygnałem wyjściowym konwertera. W ten sposób światło lasera staje się nośnikiem informacji. Laser następnie oświetla fotodiode odbiornika. Całość zasilana jest z portu USB komputera, do którego nadajnik jest podłączony.



Zdjęcie 18 Schemat układu nadawczego

5. Oprogramowanie

Do zaprogramowania mieliśmy mikrokontroler i aplikacje na komputer do komunikacji z naszym urządzeniem.

Jako język programowania mikrokontrolera wybrano język C/C++ z bibliotekami Arduino. Kod odbiornika napisano w środowisku Arduinio IDE [\[16\]](#)

Wybrano Arduino ze względu na gotowe biblioteki obsługi modułów LCD i UART.

Aplikacje komputerową, zaprogramowaliśmy w środowisku Labview. W tym środowisku, programujemy w języku G.

5.1. Odbiornik (Arduino)

5.1.1. Schemat blokowy



Zdjęcie 19 Schemat blokowy działania odbiornika

5.1.2. Zasada działania odbiornika

Odbieramy dane za pomocą wbudowanego interfejsu UART w mikrokontrolerze. Do jego obsługi używamy gotowej klasy statycznej Serial zaimplementowanej w bibliotece Arduino.

Do uruchomienia interfejsu, skorzystaliśmy z gotowej metody begin, która przyjmuje 2 argumenty, z tego drugi jest opcjonalny.

Pierwszy argument określa prędkość transmisji danych (baud rate) , (300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200) z czego my wybraliśmy prędkość 57600. Przy wyższych prędkościach, laser już nie nadążał za zmianami.

Drugim argumentem jest podstawowa konfiguracja interfejsu UART (ilość bitów danych (7,8,9), ilość bitów stopu (1,1.5,2) i obecność bitu parzystości/nieparzystości), której jeżeli nie podamy, zostanie ustawiona domyślna (8 bitów danych, 1 bit stopu, brak bitu parzystości/nieparzystości). Ustawione 8 bitów danych, dało nam możliwości, wysyłania znaków w standardzie ISO 8859. Nie zastosowano bitu parzystości/nieparzystości.

Do obsługi wyświetlacza LCD użyliśmy gotowej biblioteki "LiquidCrystal".

Pierwszym krokiem do obsługi wyświetlacza, było stworzenie obiektu klasy LiquidCrystal z argumentami określającymi do których pinów podłączone są piny LCD - RS (2), Enable (3), Data 4 (4), Data 5 (5), Data 6 (6), Data 7 (7).

Następnie musieliśmy określić jakiej wielkości w pikselach jest nasz wyświetlacz. W tym celu użyliśmy metody begin klasy "LiquidCrystal", która przyjmuje dwa argumenty.

Pierwszy argument jest liczbą pikseli w poziomie (16).

Drugim argument jest liczba pikseli w pionie (2).

Kolejnym krokiem było wyświetlenie napisu informującego, czy jakieś znaki zostały już odebrane. W tym celu została użyta metoda setCursor i print.

Metoda setCursor ustawienia "kursor" na wyznaczonych współrzędnych x,y podanych kolejno jako argumenty do metody.

Metoda print, wyświetla tekst podany jako argument funkcji.

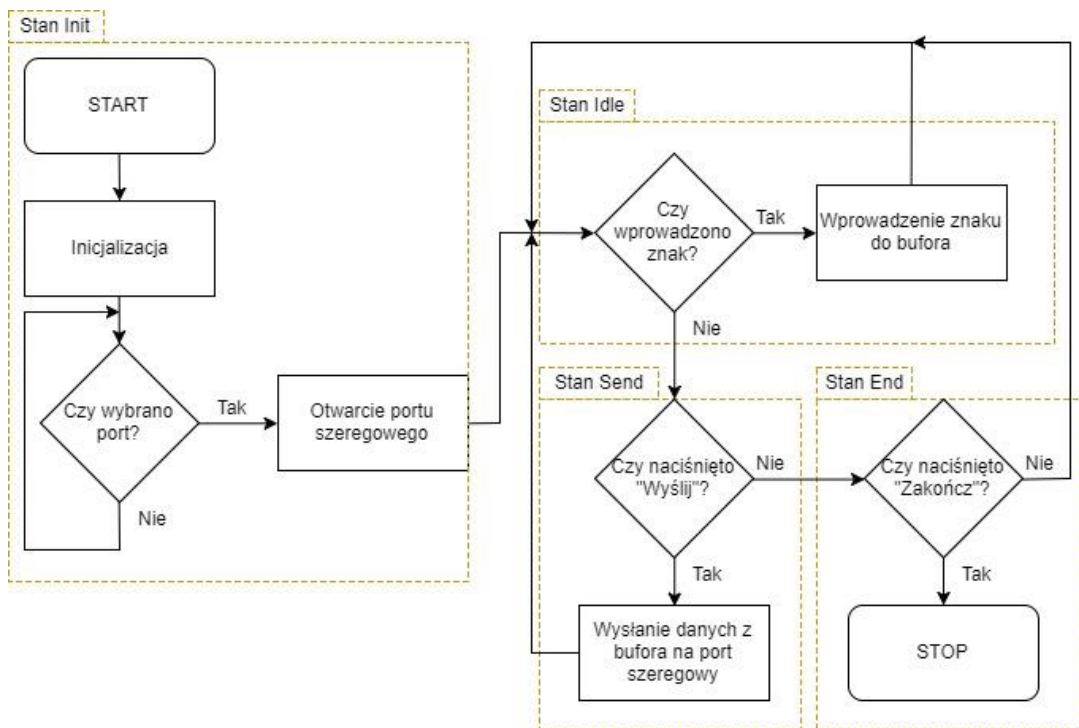
W głównej pętli programu, sprawdzamy, czy są dostępne jakieś dane do odczytania w buforze. Jeżeli są dostępne czyścimy wyświetlacz, że wcześniejszego tekstu za pomocą metody clear.

Następnie ustawiamy "kursor" na pozycji 0,0 i wysyłamy tekst do wyświetlenia.

Kolejno ustawiamy kursor na pozycji 0.1, aby od tego miejsca wpisywać tekst wysłany z nadajnika. Następnie przypisujemy zmiennej tymczasowej "tekst" wartość bufora, który odcytujemy za pomocą metody readStringUntill z parametrem "\n", który oznacza, że odcytujemy wszystkie znaki, aż napotkamy znak nowej linii. Następnie wysyłamy napis przechowywany w zmiennej tekst do LCD za pomocą metody print. [6,7]

5.2. Nadajnik (Labview)

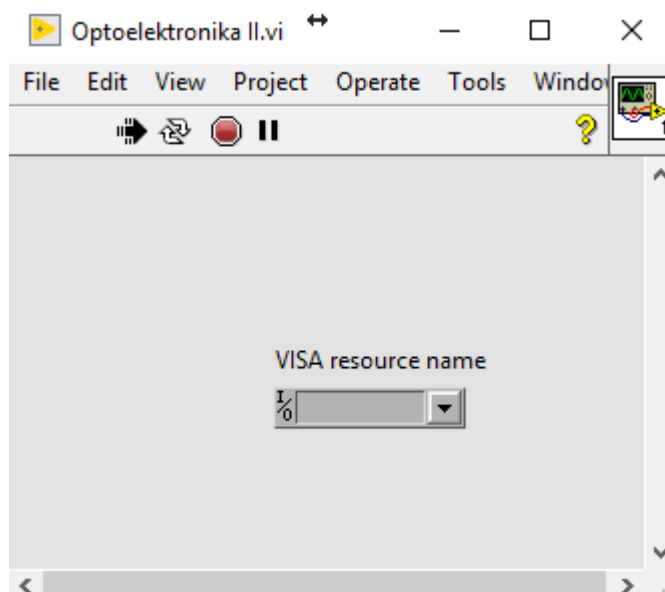
Program został napisany wykorzystując maszynę stanów w środowisku LabView [9]. Dopuszczalne stany w programie: "Init","Idle","Send" oraz "End". Schemat blokowy algorytmu zamieszczono na zdjęciu 20.



Zdjęcie 20 Schemat blokowy programu obsługi nadajnika

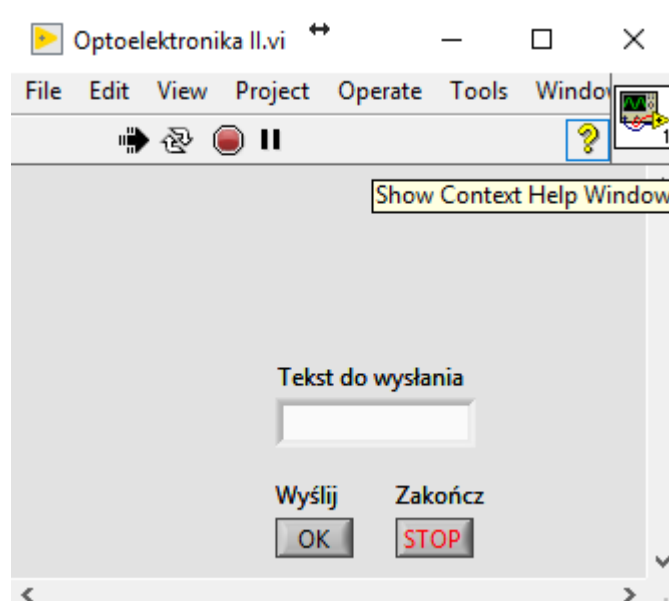
Program od strony użytkownika posiada 2 okna wyświetlane jedno po drugim.

- Pierwsze okno - wybór portu szeregowego nadajnika



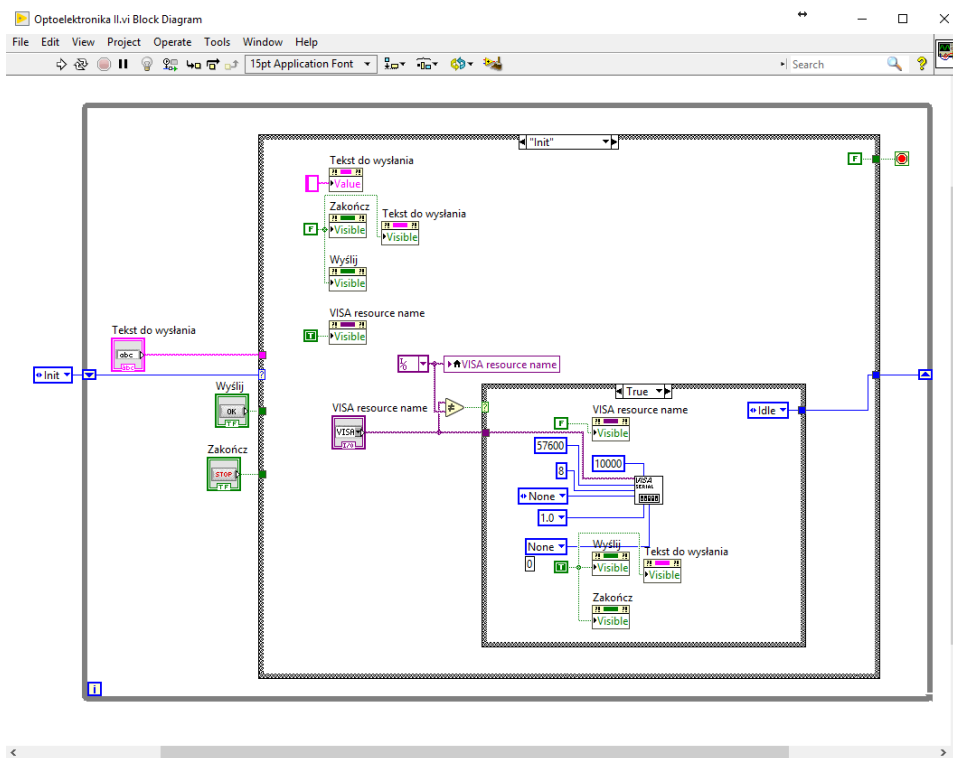
Zdjęcie 21 Okno wyboru portu szeregowego

- Drugie okno - wysyłanie tekstu i ewentualne zatrzymanie programu



Zdjęcie 22 Okno służące do wysyłania tekstu

Cały program jest wykonywany w pętli while.



Zdjęcie 23 Główna pętla programu

5.2.1. Stan Init

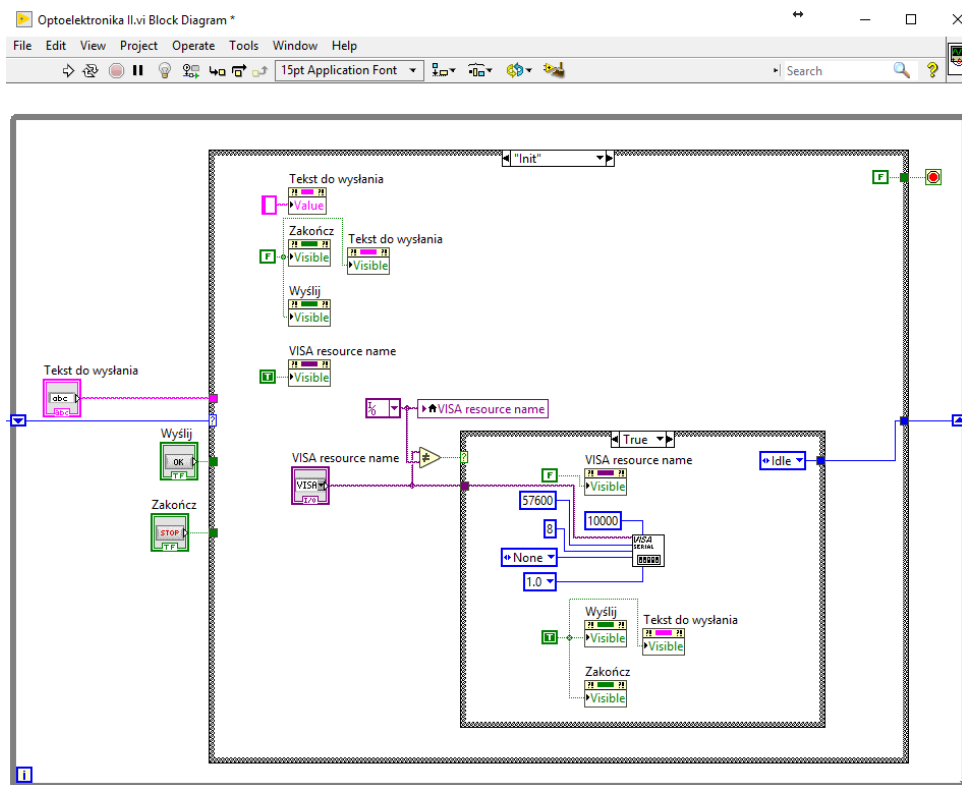
Stan Init jest domyślnym stanem po otwarciu programu, W tym stanie, ukrywane są kontrolki "Tekst do wysłania", "Zakończ", "Wyślij", a także, uwidaczniana jest kontrolka "VISA resource name" i jest zerowana.

Następnie program czeka, aż użytkownik wybierze z listy "Visa resource name", numer portu szeregowego.

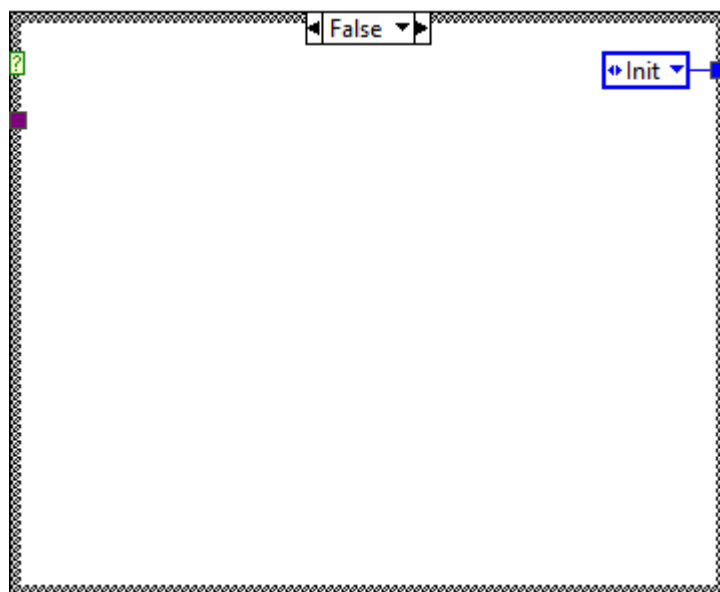
Po wyborze, numeru portu, program uwidacznia kontrolki "Tekst do wysłania" , "Zakończ" , "Wyślij" , a także ukrywana jest kontrolka "VISA resource name".

Program także, po odpowiednim wybraniu portu, otwiera interfejs szeregowy za pomocą bloczku "Visa Configure Serial Port", z parametrami:

- 57600 b/s
- 8 bitów danych
- 0 bitu parzystości
- 1 bit stopu
- 10 sekund time-out



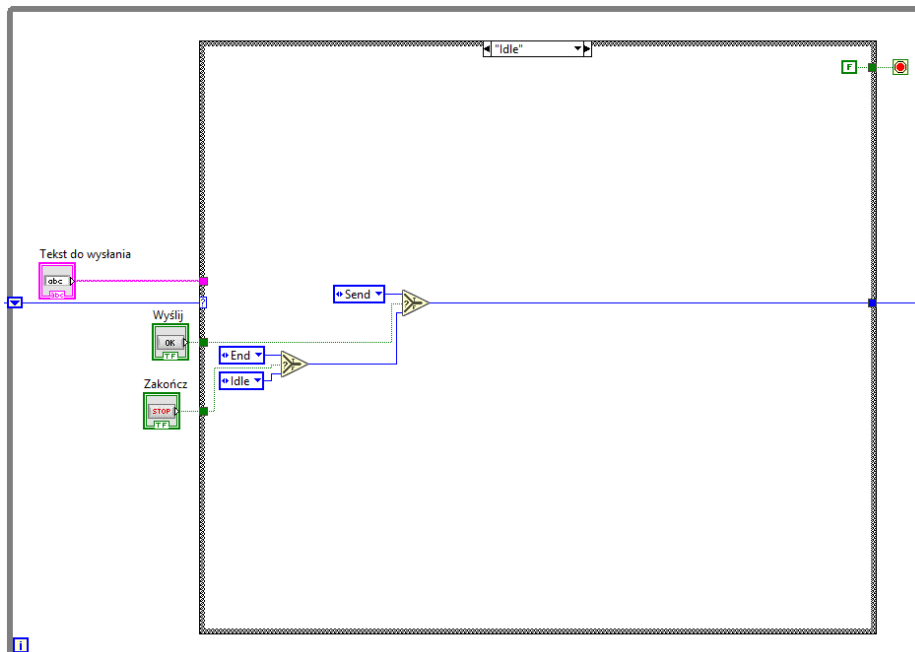
Zdjęcie 24 Stan Init – case (True)



Zdjęcie 25 Stan Init - case (False)

5.2.2. Stan Idle

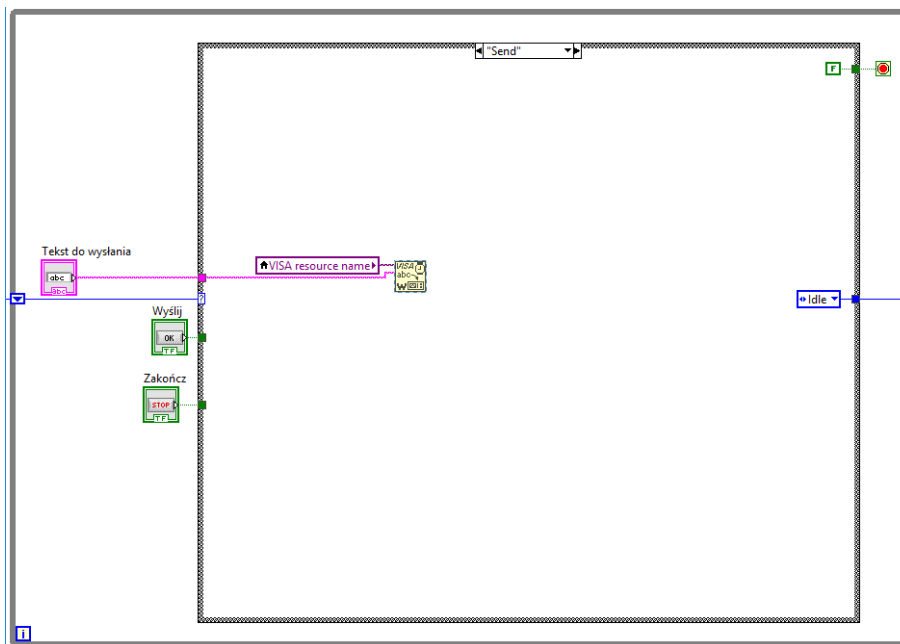
Następnym stanem, do którego przechodzi program po wyborze odpowiedniego portu jest stan "Idle". W tym stanie sprawdzamy czy któraś z kontrolkek "Wyślij" i "Zakończ" nie została wciśnięta, jeżeli nie, to wracamy do stanu "Idle", jeżeli tak, to przechodzimy do stanu "Send" lub "End" w zależności, która kontrolka została kliknięta.



Zdjęcie 26 Stan Idle

5.2.3. Stan Send

Do stanu "Send" wchodzimy po naciśnięciu przycisku "Wyślij". Po jego naciśnięciu za pomocą bloczku "VISA Write", wysyłamy portem szeregowym tekst wpisany do kontrolki "Tekst do wpisania". Po wysłaniu danych, program wraca do stanu "Idle".

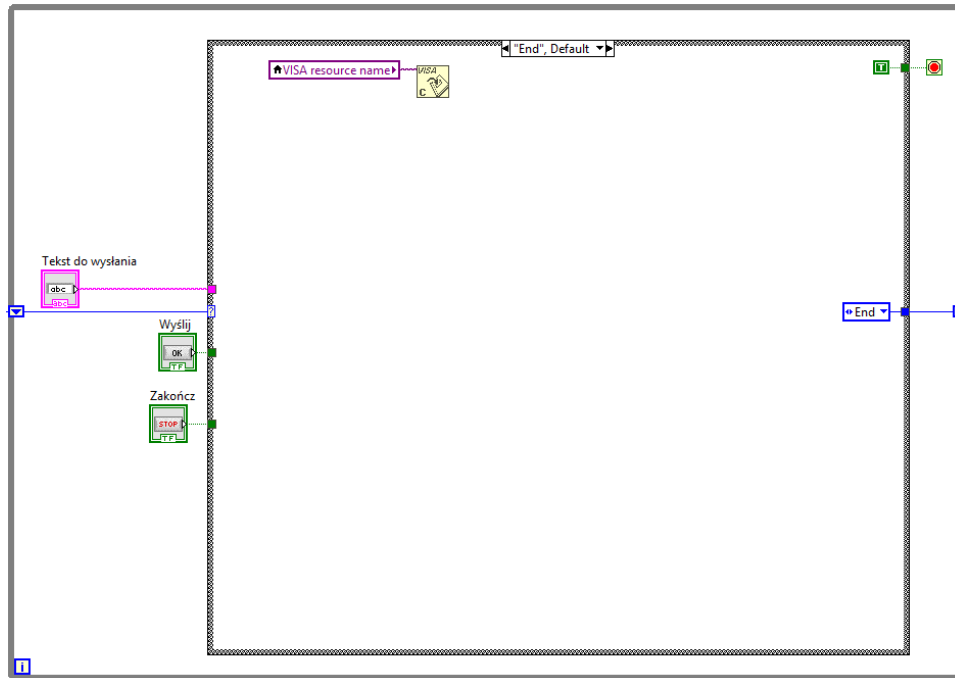


Zdjęcie 27 Stan Send

5.2.4. Stan End

Do stanu "End", program wchodzi po kliknięciu przycisku "Zakończ"

W tym stanie, program zamyka, za pomocą bloczku "VISA Close", wcześniej otwarty port do komunikacji szeregowej i zakańcza program.



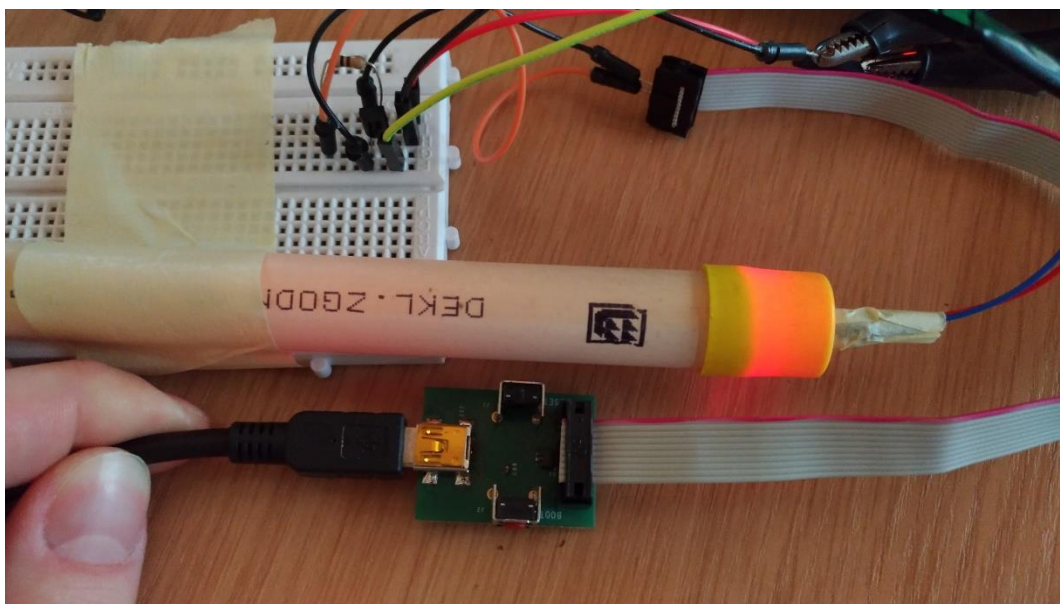
Zdjęcie 28 Stan End

6. Uruchomienie

W projekcie przewidziano wykorzystanie dwóch modułów:

- modułu nadawczego
- modułu odbiorczego

6.1. Moduł nadawczy

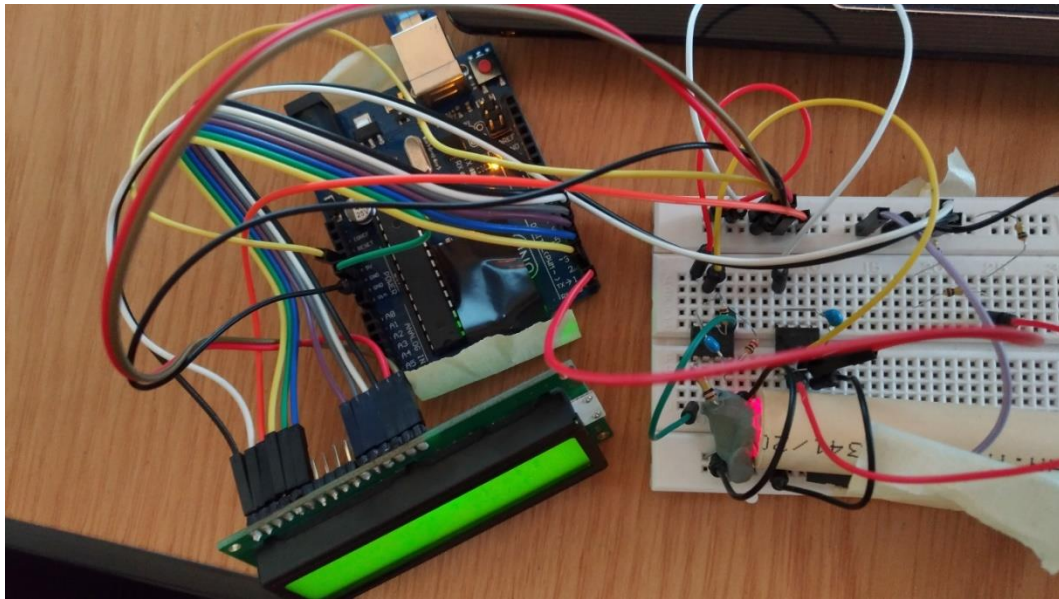


Zdjęcie 29 Moduł nadawczy z przejściówką UART

W części sprzętowej nadajnik został zaprojektowany oraz zbudowany na samym początku i od tamtej pory pozostał bez zmian.

Część programowa została w trakcie prac nad projektem wzbogacona o dedykowany program napisany w LabView, służący do obsługi nadajnika. Pozostawiono także możliwość użycia powszechnie dostępnego oprogramowania emulującego port szeregowy.

6.2. Moduł odbiorczy



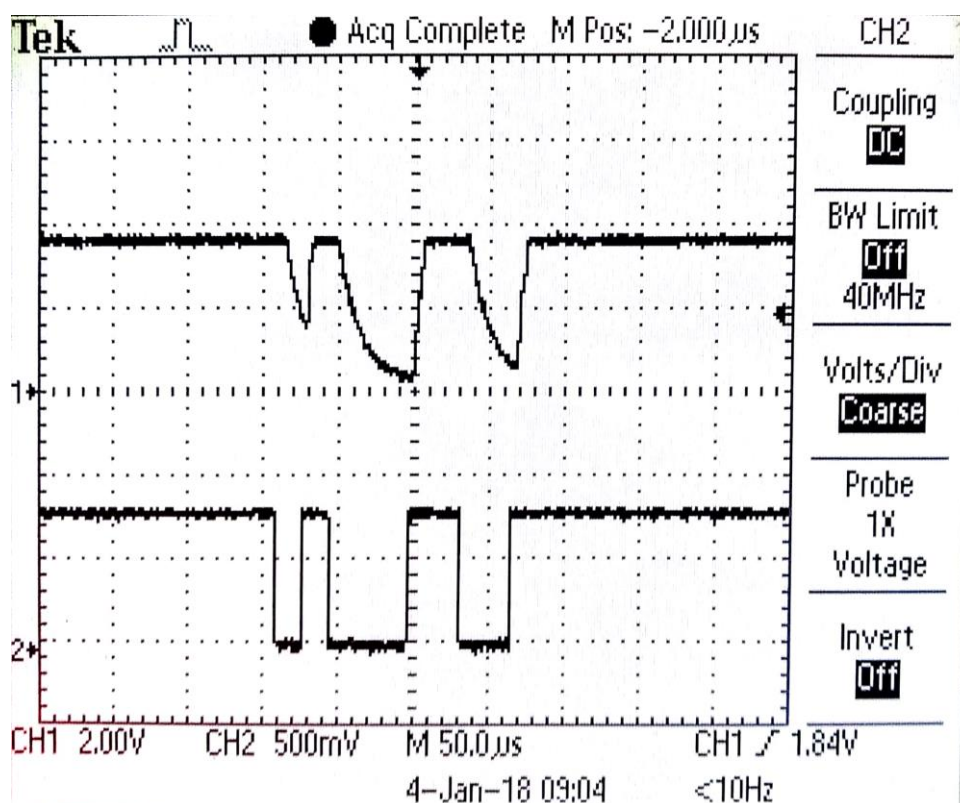
Zdjęcie 30 Zdjęcie modułu odbiorczego

Moduł odbiorczy był nieustannie udoskonalany na przestrzeni tygodni. Początkowo składał się tylko ze wzmacniacza transimpedancyjnego. Po uruchomieniu i zmierzeniu sygnałów wyjściowych konieczne okazało się dodanie stopnia wzmacniającego. Po kolejnych pomiarach, które zobrazowano na zdjęciu 31, wyciągnięto następujące wnioski:

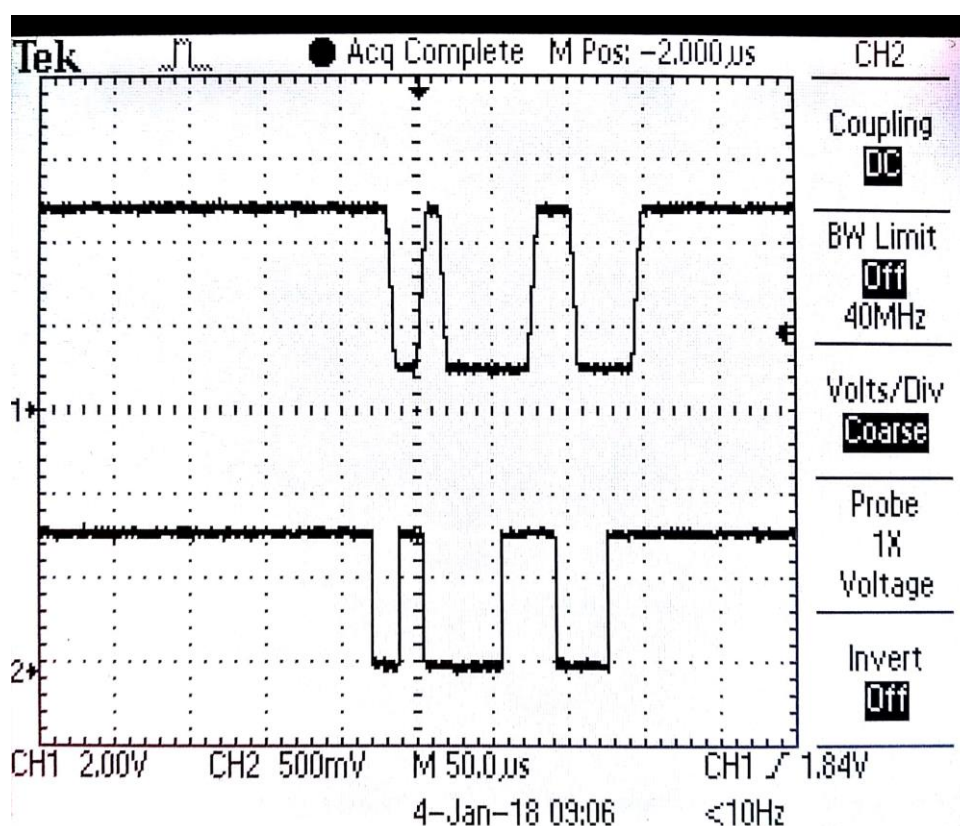
- wyjściowe przebiegi były zniekształcone (duży czas opadania)
- poziomy napięć wyjściowych 0-4V

Aby zniwelować powyższe wady sygnału wyjściowego (poprawić zbocza oraz dopasować poziomy sygnałów) zastosowany został komparator. Zabieg ten znacząco poprawił parametry sygnału wyjściowego, co zobrazowano na zdjęciu 32

Tak skonstruowany odbiornik został podłączony do Arduino pełniącego rolę odbiornika UART. Dane zdekodowane przez Arduino są wyświetlane na ekranie LCD.

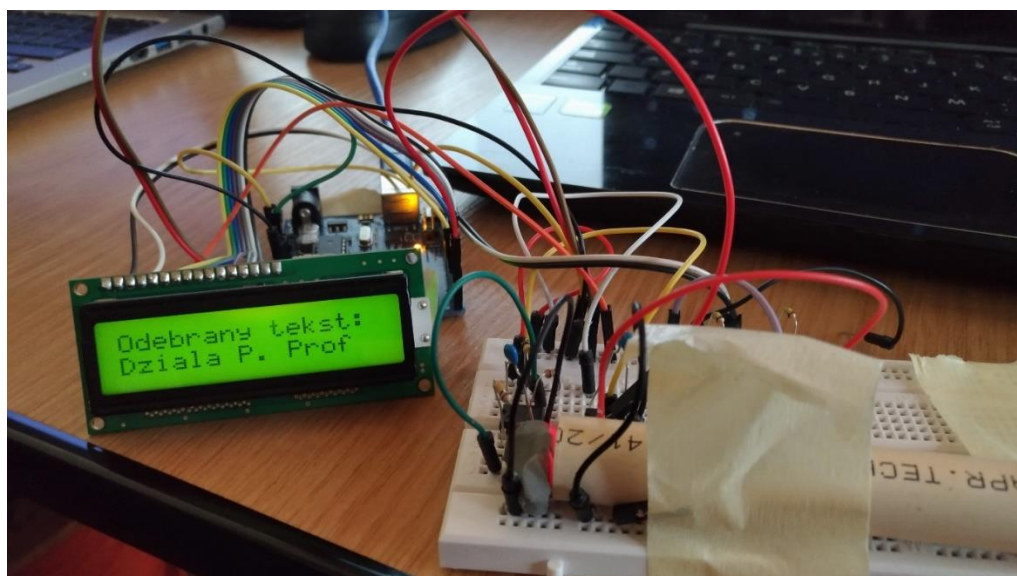


Zdjęcie 31 Wyjście stopnia drugiego - kanał pierwszy. Wejście nadajnika - kanał drugi.



Zdjęcie 32 Wyjście stopnia trzeciego – kanał pierwszy, wejście nadajnika kanał drugi

6.3. Widok działającego układu



Zdjęcie 33 Przykładowe dane odebrane przez urządzenie

7. Instrukcja obsługi dla użytkownika

1. Specyfikacja

1.1. Specyfikacja nadajnika

- Sposób połączenia z komputerem: port USB 2.0
- Maksymalny pobór prądu: 15mA
- Maksymalna prędkość transmisji: 57600b/s
- Oprogramowanie na platformę PC wymagane do nadawania dołączono do urządzenia
- Możliwość użycia zewnętrznego oprogramowania PC

1.2. Specyfikacja odbiornika

- Zasilanie: USB 2.0
- Maksymalna prędkość transmisji: 57600b/s
- Maksymalna dostępna ilość znaków wyświetlacza: 16

2. Uruchomienie

2.1. Uruchomienie nadajnika

1. Podłączyć nadajnik do portu USB komputera przy pomocy dołączonego przewodu.
2. Zainstalować sterowniki za pomocą kreatora instalacji sterowników systemu Microsoft Windows.
3. Uruchomić w LabView program dołączony do nadajnika lub ulubiony program emulacji portu szeregowego COM (np.: Arduino IDE, PuTTY, RealTerm, TeraTerm itp.).
4. Wybrać numer portu COM (np. COM3).
5. W przypadku użycia dedykowanego oprogramowania przejść od razu do kolejnego punktu. W innym wypadku ustawić następujące parametry portu: Baudrate 57600, 8 bitów danych, brak bitu parzystości, jeden bit stop.
6. Otworzyć port COM.
7. Cieszyć się z działającego układu nadajnika laserowego!

2.2. Uruchomienie odbiornika

1. Podłączyć odbiornik do zasilania przy pomocy dołączonego przewodu.
2. Cieszyć się z działającego układu odbiornika

W tym momencie, można swobodnie przesyłać dane. W przypadku wystąpienia trudności podczas uruchomienia należy skontaktować się z autorami urządzenia.

UWAGA!

W urządzeniu występuje promieniowanie laserowe. Nie należy rozbierać urządzenia. W przypadku uszkodzenia obudowy należy odłączyć urządzenie od komputera. Nie patrzeć bezpośrednio w wiązkę laserową. Grozi uszkodzeniem lub utratą wzroku.

8. Podsumowanie

Urządzeniem, które zostało zrealizowane na zajęciach jest laserowy transponder szeregowy, pracujący w trybie simplex. Podczas prac projektowych początkowy zamysł stopniowo ewoluował.

W czasie wykonywania projektu nie zostały spełnione wszystkie założenia projektowe.

Podczas realizacji konieczne okazało się zrezygnowanie z transmisji światłowodowej ze względu na konieczność zastosowania zbyt skomplikowanego układu optycznego. Zamiast światłowodu wykorzystano rurkę PVC, która pełniła rolę ochrony użytkownika przed promieniowaniem laserowym oraz eliminowała zakłócenia z otoczenia. Dzięki temu urządzenie nie było wrażliwe na zmiany natężenia oświetlenia w otoczeniu, w którym zostało umieszczone.

W końcowej fazie rozwoju projektu dodano program obsługi portu szeregowego napisany w LabView. Ułatwiło to znacznie obsługę nadajnika oraz uodporniło go na konsekwencje ewentualnych błędów popełnionych przez niedoświadczonego użytkownika.

9. Bibliografia

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Simplex_communication
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Transimpedance_amplifier
3. <http://www.ecircuitcenter.com/Circuits/opitov/opitov.htm>
4. <https://en.wikipedia.org/wiki/Photodiode>
5. <https://www.allaboutcircuits.com/tools/non-inverting-op-amp-resistor-calculator/>
6. <https://forbot.pl/blog/kurs-arduino-uart-komunikacja-z-komputerem-pc-zmienne-id3836>
7. <https://forbot.pl/blog/kurs-arduino-wyswietlacz-tekstowy-lcd-id4263>
8. <https://www.draw.io/>
9. <http://www.ni.com/download/labview-development-system-2017/6698/en/>
10. <https://sklep.avt.pl>
11. https://pl.wikipedia.org/wiki/Wy%C5%9Bwietlacz_ciek%C5%82okrystaliczny
12. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Arduino>
13. http://dl.btc.pl/kamami_wa/lcd_ac_1602e.pdf
14. <https://www.electronicshub.org/light-sensors/>
15. <https://botland.com.pl/diody-laserowe/6450-dioda-laserowa-5mw-czerwona-5v.html>
16. <https://www.arduino.cc/en/main/software>
17. http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf
18. [http://www.osram-os.com/Graphics/XPic9/00101656_0.pdf/SFH%20203,%20SFH%20203%20FA,%20Lead%20\(Pb\)%20Free%20Product%20-%20RoHS%20Compliant.pdf](http://www.osram-os.com/Graphics/XPic9/00101656_0.pdf/SFH%20203,%20SFH%20203%20FA,%20Lead%20(Pb)%20Free%20Product%20-%20RoHS%20Compliant.pdf)
19. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>

10. Dodatek

10.1. Kod programu Arduino:

Autor: Kamil Jamros, Jakub Zajączkowski, Marek Kaniewski

Wersja: 1.0

Opis wyprowadzeń:

	arduino uno		LCD		USB->UART	
	2		RS			
	3		Enable			
	4		Data 4			
	5		Data 5			
	6		Data 6			
	7		Data 7			
	RX				TX	
	GND		GND		GND	

Opis programu:

Program służy do odbierania danych wysyłanych za pomocą UART
i wyświetlania ich w formie tekstu na wyświetlaczu LCD

```

#include <LiquidCrystal.h> //Dołączenie biblioteki do obsługi LCD

LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);

//Informacja o podłączeniu nowego wyświetlacza

void setup() {
    lcd.begin(16, 2); //Deklaracja typu LCD
    lcd.setCursor(0, 0); //Ustawienie kursora na pozycji 0,0
    lcd.print("Odebrany tekst:"); //Wyświetlenie tekstu
    lcd.setCursor(0, 1); //Ustawienie kursora na pozycji 0,1
    Serial.begin(57600); // Ustawienie prędkości komunikacji UART
na 57600
}

void loop() {
    if(Serial.available())
    {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0); //Ustawienie kursora na pozycji 0,0
        lcd.print("Odebrany tekst:"); //Wyświetlenie tekstu
        lcd.setCursor(0, 1); //Ustawienie kursora na pozycji 0,1
        String tekst=Serial.readStringUntil('\n'); //odczyt tekstu
        lcd.print(tekst); // Wyświetlenie tekstu
    }
}

```

10.2. Najważniejsze parametry elementów:

10.2.1. Mikrokontroler AVR - ATmega328P

- Zasilanie: 1,8 V - 5,5 V
- Taktowanie: do 20 MHz
- Pamięć Flash: 32 KB
- 23 linie wyjścia/wejścia
- Dwa 8-bitowe liczniki
- Jeden 16-bitowy licznik
- 6 kanałów PWM
- 6 kanałów 10-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego
- Sprzętowe interfejsy komunikacyjne: USART, SPI, TWI (I2C)

10.2.2. Wyświetlacz LCD

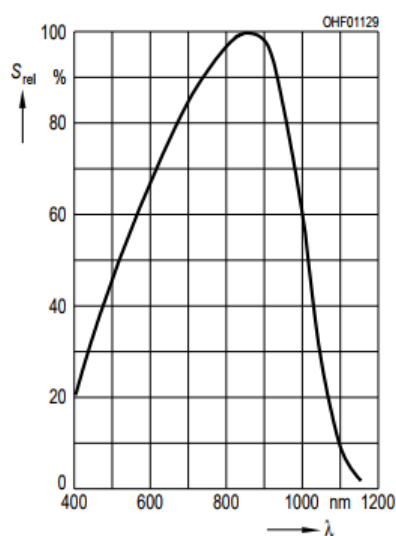
- Wyświetlacz LCD 2x16 znaków,
- Sterownik zgodny z HD44780
- Podświetlanie: żółto-zielone, czarne znaki
- Rozmiar modułu : 80 x 36 mm
- Wymiary znaku: 2,45 x 5,00 mm
- Zakres temperatur pracy : od -20 do +70 °C

10.2.3. Dioda laserowa

- Długość fali: 650 nm
- Moc: 5 mW
- Pobór prądu: do 0,03 A
- Napięcie zasilania: od 3 V do 5 V
- Wymiary: 10 x 5 mm

10.2.4. Fotodioda PIN SFH203P

- Średnica diody: 5mm
- Długość fali w punkcie max czułości: 850nm
- Zakres długości odbieranej fali: 400-1100nm
- Kąt widzenia: 20°
- Napięcie wsteczne maks. :50V
- Czas załączania: 0.005μs
- Czas wyłączenia: 0.005μs
- Powierzchnia światłoczuła: 1mm²
- Prąd ciemny: 1nA
- Moc optyczna: 150mW



Zdjęcie 34 czułość fotodiody na poszczególne długości fal

10.2.5. Wzmacniacz operacyjny LM358P

- Napięcie zasilania: od 3 V do 32 V
- Pasmo przenoszenia: 0,7 MHz
- Liczba kanałów: 2
- Szybkość narastania napięcia: 0,3 V/ μ s

10.2.6. Arduino Uno R3

- Napięcie zasilania: od 7 V do 12 V
- Mikrokontroler: ATmega328
- Porty I/O: 14
- Wyjścia PWM: 6
- Ilość wejść analogowych: 6 (kanały przetwornika A/C o rozdzielczości 10 bitów)
- Interfejsy szeregowo: UART, SPI, I2C
- Zewnętrzne przerwania
- Podłączona dioda LED na pinie 13
- Gniazdo USB A do programowania
- Złącze DC 5,5 x 2,1 mm do zasilania

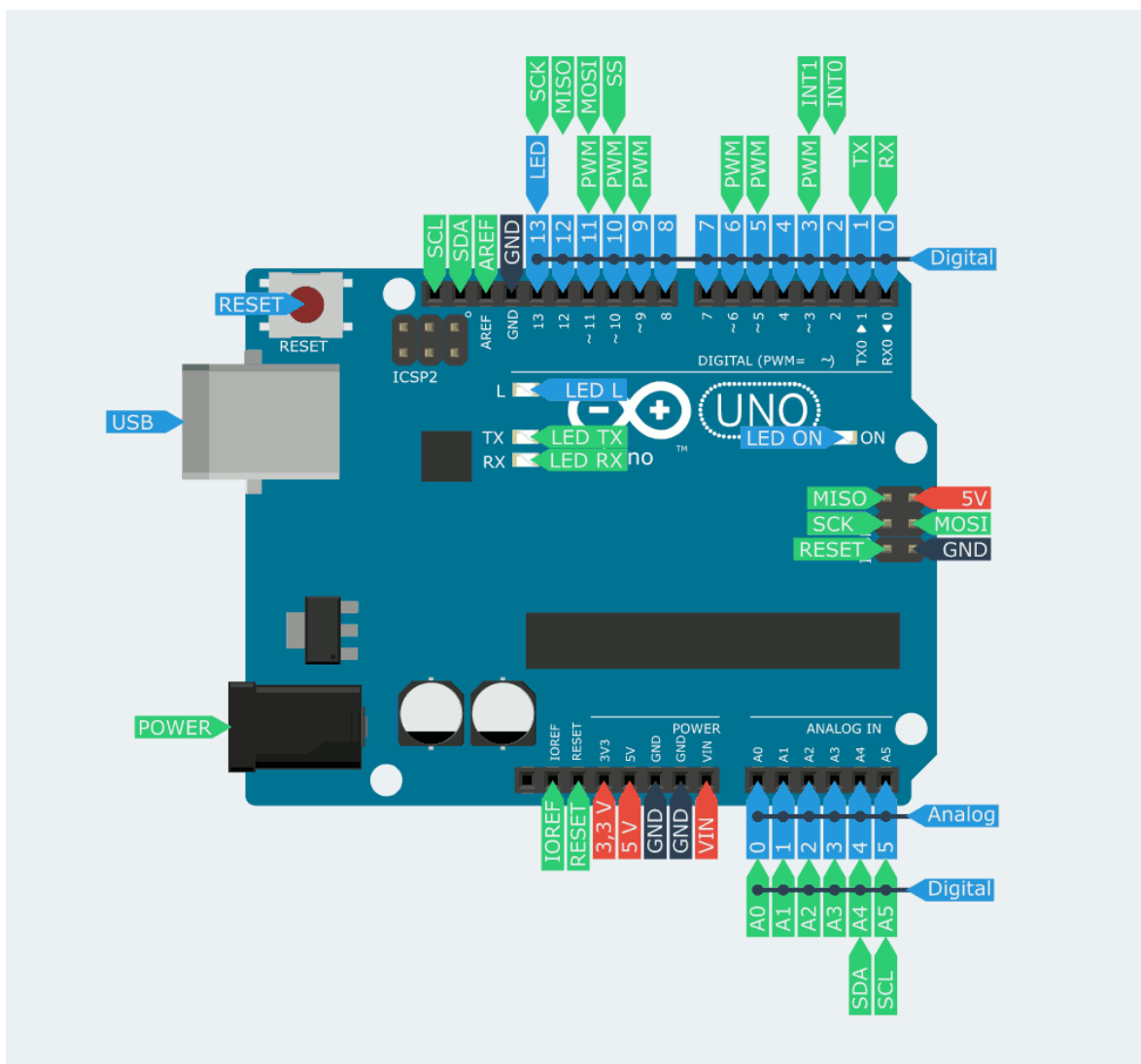
Introduction

The Atmel® **picoPower®** ATmega328/P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR® enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega328/P achieves throughputs close to 1MIPS per MHz. This empowers system designer to optimize the device for power consumption versus processing speed.

Feature

High Performance, Low Power Atmel®AVR® 8-Bit Microcontroller Family

- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions
 - Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program Memory
 - 1KBytes EEPROM
 - 2KBytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data Retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® Library Support
 - Capacitive Touch Buttons, Sliders and Wheels
 - QTouch and QMatrix® Acquisition
 - Up to 64 sense channels



Zdjęcie 35 Widok wyprowadzeń płytki Arduino UNO

Silizium-PIN-Fotodiode mit sehr kurzer Schaltzeit Silicon PIN Photodiode with Very Short Switching Time

SFH 203 P
SFH 203 PFA



SFH 203 P



SFH 203 PFA

Wesentliche Merkmale

- Speziell geeignet für Anwendungen im Bereich von 400 nm bis 1100 nm (SFH 203 P) und bei 880 nm (SFH 203 PFA)
- Kurze Schaltzeit (typ. 5 ns)
- 5 mm-Plastikbauform im LED-Gehäuse

Anwendungen

- Industrieelektronik
- „Messen/Steuern/Regeln“
- Schnelle Lichtschranken für Gleich- und Wechsellichtbetrieb
- LWL

Features

- Especially suitable for applications from 400 nm to 1100 nm (SFH 203 P) and of 880 nm (SFH 203 PFA)
- Short switching time (typ. 5 ns)
- 5 mm LED plastic package

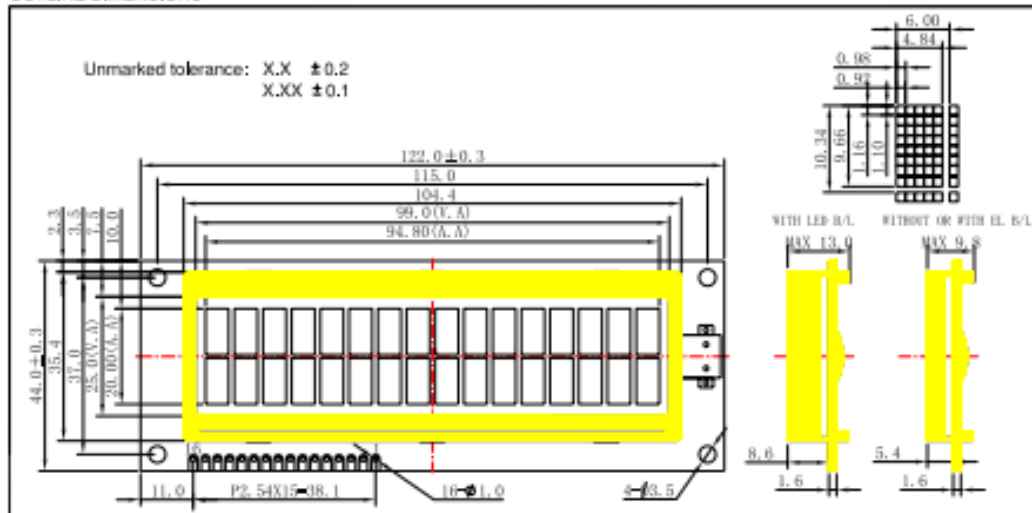
Applications

- Industrial electronics
- For control and drive circuits
- Photointerrupters
- Fiber optic transmission systems

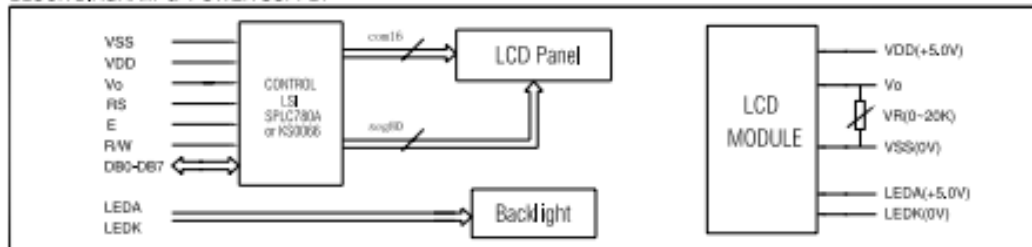
Typ Type	Bestellnummer Ordering Code
SFH 203 P	Q62702-P946
SFH 203 PFA	Q62702-P947

Arkusz 2 Fotodioda [18]

OUTLINE DIMENSIONS



BLOCK DIAGRAM & POWER SUPPLY



MECHANICAL SPECIFICATIONS & FEATURE

Item	Normal Dimensions(mm)	FEATURE
Module Size (W*H*T)	122.5x44.0x13.0	LCD Type STN, TN, HTN, FSTN
View Area (W*H)	99.0x25.0	LCD Colour STN:Yellow-Green, Gray Other:Gray
Character Pitch(W*H)	6.00x10.34	View Angle 6 O'clock, 12 O'clock
Character Size(W*H)	4.84x9.66	Display Type Positive Type, Negative Type
Character Font	5x8	Rear polarizer Transmissive, Reflective, Transflective
Dot Pitch (W*H)	0.96x1.16	Operating Temperature 0°C ~ 50°C, -20°C ~ 70°C
Dot Size (W*H)	0.92x1.10	Backlight LED:Yellow EL:Green, Blue-Green, Blue Without

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Operating Voltage	V _{DD}	T _a =25°C	--	5.0	--	V
Operating Voltage for LCD	V _{CD}	T _a =25°C	--	5.0	--	V
Supply Current	I _{DD}	T _a =25°C, V _{DD} =5.0V	--	2.0	3.0	mA
Supply Current for Backlight(LED)	I _B	T _a =25°C, V _I =4.2V	--	160	--	mA

INTERFACE PIN CONNECTIONS

Pin No	Symbol	Level	Description
1	LEDA	--	Power supply for Backlight(-)
2	LEDA	--	Power supply for Backlight(+)
3	VSS	--	Ground for Logic
4	VDD	--	Power supply for Logic
5	V0	--	Power supply for LCD drive
6	RS	H/L	Register selection (H:Data register, L:Instruction register)
7	R/W	H/L	Read/write selection (H:Read, L:Write)
8	E	H/H=L	Enable signal for LCM
9-16	DB0-DB7	H/L	Data bus lines

REMARK

LM358, LM258, LM158, LM2904 Dual Operational Amplifiers

1 Features

- Wide Supply Ranges
 - Single Supply: 3 V to 32 V (26 V for LM2904)
 - Dual Supplies: ± 1.5 V to ± 16 V (± 13 V for LM2904)
- Low Supply-Current Drain, Independent of Supply Voltage: 0.7 mA Typical
- Wide Unity Gain Bandwidth: 0.7 MHz
- Common-Mode Input Voltage Range Includes Ground, Allowing Direct Sensing Near Ground
- Low Input Bias and Offset Parameters
 - Input Offset Voltage: 3 mV Typical
A Versions: 2 mV Typical
 - Input Offset Current: 2 nA Typical
 - Input Bias Current: 20 nA Typical
A Versions: 15 nA Typical
- Differential Input Voltage Range Equal to Maximum-Rated Supply Voltage: 32 V (26 V for LM2904)
- Open-Loop Differential Voltage Gain: 100 dB Typical
- Internal Frequency Compensation
- On Products Compliant to MIL-PRF-38535, All Parameters are Tested Unless Otherwise Noted. On All Other Products, Production Processing Does Not Necessarily Include Testing of All Parameters.

2 Applications

- Blu-ray Players and Home Theaters
- Chemical and Gas Sensors
- DVD Recorder and Players
- Digital Multimeter: Bench and Systems
- Digital Multimeter: Handhelds
- Field Transmitter: Temperature Sensors
- Motor Control: AC Induction, Brushed DC, Brushless DC, High-Voltage, Low-Voltage, Permanent Magnet, and Stepper Motor
- Oscilloscopes
- TV: LCD and Digital
- Temperature Sensors or Controllers Using Modbus
- Weigh Scales

3 Description

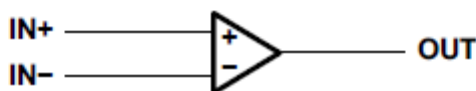
These devices consist of two independent, high-gain frequency-compensated operational amplifiers designed to operate from a single supply or split supply over a wide range of voltages.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LMx58, LMx58x, LM2904, LM2904V	VSSOP (8)	3.00 mm × 3.00 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.90 mm
	SO (8)	5.20 mm × 5.30 mm
	TSSOP (8)	3.00 mm × 4.40 mm
	PDIP (8)	9.81 mm × 6.35 mm
LMx58, LMx58x, LM2904V	CDIP (8)	9.60 mm × 6.67 mm
	LCCC (20)	8.89 mm × 8.89 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Symbol (Each Amplifier)



Arkusz 4 Wzmacniacz operacyjny [19]

UWAGA

Wszystkie datasheet'y znajdują się w folderze Dodatek.