



Politechnika Poznańska  
Wydział Elektryczny  
Zakład Techniki Świetlnej i Elektrotermii

**PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA**

Temat: Stanowisko do badań regulacji mocy świetlówki  
z wykorzystaniem protokołu DALI  
(praca zespołowa)

Laboratory equipment that control power  
of fluorescent lamps using DALI protocol

(team work)

Autorzy: inż. Michał Narojczyk

inż. Dariusz Stelmaszewski

Promotor: dr inż. Krzysztof Wandachowicz

Poznań 2011

# Spis treści

Streszczenie.....	6
1. Wstęp.....	7
2. Założenia pracy.....	8
2.1. Wprowadzenie.....	8
2.2. Cel pracy.....	9
2.3. Zadania pracy.....	9
3. Adresowalny cyfrowy interfejs sterowania oświetleniem (DALI).....	10
3.1. Podstawowe pojęcia.....	10
3.2. Opis protokołu.....	12
3.3. Zasada działania [4, 5, 6].....	19
3.3.1. Struktura systemu.....	19
3.3.2. Transmisja danych i adresowanie.....	20
3.3.3. Rodzaje pamięci i rejestrów w urządzeniach DALI.....	22
3.3.4. Detekcja awarii.....	23
3.3.5. Łączenie DALI z innymi systemami.....	23
3.4. Parametry techniczne.....	25
3.4.1. Oznaczenie zacisków sterujących interfejsu.....	25
3.4.2. Charakterystyki interfejsu sterującego.....	25
3.4.3. Wartości znamionowe napięć sygnałowych.....	25
3.4.4. Wartości prądów sygnałowych.....	26
3.4.5. Czas narastania i czas opadania sygnału.....	28
3.4.6. Parametry zasilania.....	28
3.5. Opis wybranych komend i dostępnych funkcji.....	30
3.5.1. Podstawowe informacje o komendach.....	30
3.5.2. Wybrane komendy.....	33
3.5.3. Grupy.....	44
3.5.4. Sceny.....	45
3.5.5. Adresowanie.....	47
4. INTERFEJS RS-232 / DALI.....	49
4.1. Opis interfejsu.....	49
4.2. Budowa Mostka RS-232 / DALI.....	52
5. Program komputerowy sterujący interfejsem.....	61
5.1. Środowisko Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition.....	61

5.2. Opis funkcji programu.....	62
5.3. Zasada działania – omówienie kodu programu.....	70
5.4. Możliwości rozbudowy.....	73
6. Stanowisko laboratoryjne.....	74
6.1. Opis stanowiska laboratoryjnego.....	74
6.3. Zadania do wykonania.....	76
7. Zakończenie.....	77
Literatura.....	79
Załączniki.....	80
Załącznik I – Instrukcja do ćwiczenia laboratoryjnego.....	
Załącznik II – Nota aplikacyjna AN811: The RS 243/ DALI Bridge Interface.....	

## 5. Program komputerowy sterujący interfejsem

### 5.1. Środowisko Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition

Środowisko Visual C++ 2008 Express Edition jest narzędziem do tworzenia programów na systemy Windows. Głównym zastosowaniem jest tworzenie aplikacji Windows Forms – pisanych w języku C++ programów z interfejsem graficznym.

Visual C++ 2008 jest jedynie częścią większego środowiska – Visual Studio, opartego na technologii .NET. W skład zintegrowanego środowiska wchodzi także Visual C #, Visual Basic, Visual Web Developer ASP.NET, oraz inne, w zależności od wersji Visual Studio. [9]

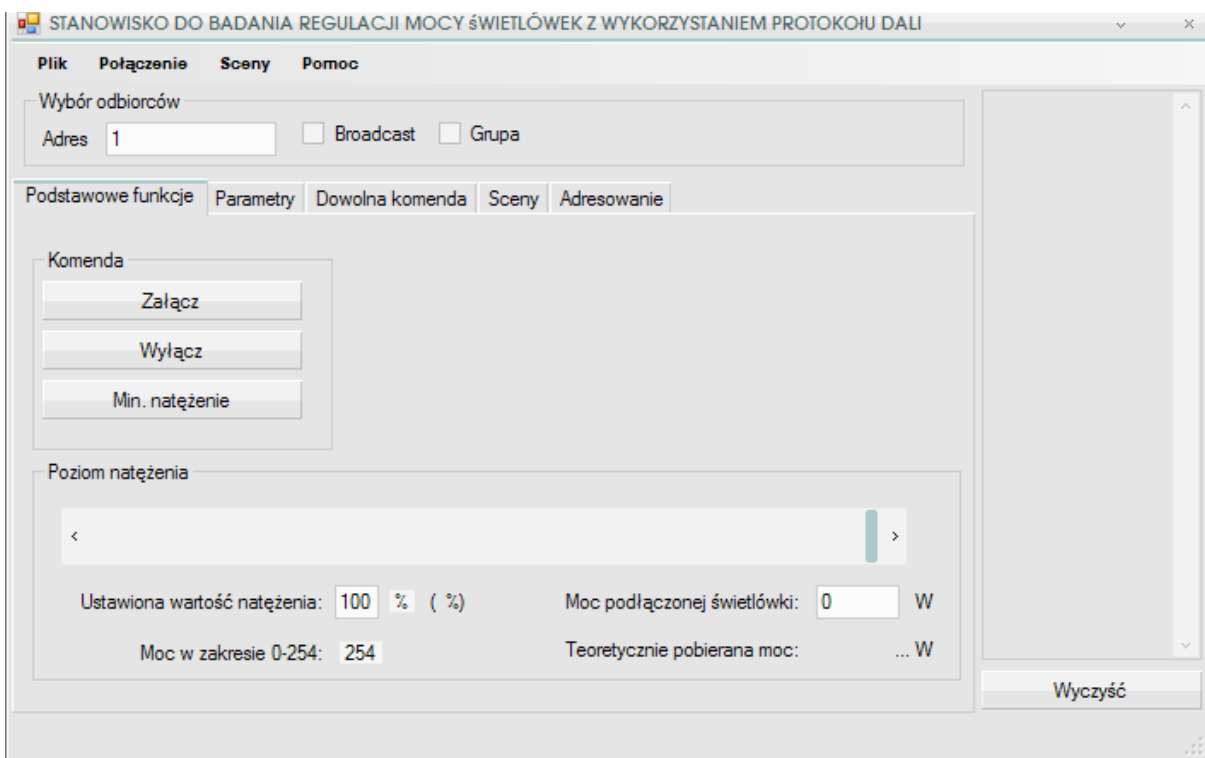
Edycja Express Edition to wersja darmowa (także do zastosowań komercyjnych), jednak o ograniczonych możliwościach. Ograniczenia nie przeszkadzają jednak w tworzeniu prostych programów, czy nauce programowania, dlatego jest to doskonała propozycja dla studentów, chcących pisać programy na systemy operacyjne Windows. [9]

Tworzenie interfejsu graficznego w środowisku Visual C++ polega na umieszczaniu kontrolki na formacie. Można do tego wykorzystać gotowe kontrolki, zawarte w Visual C++ (możliwe jest tak przerabianie ich pod własne potrzeby), pobrać nowe z Internetu lub napisać własne. Aby spowodować reakcję programu, użytkownik musi wywołać wydarzenie. Najczęściej stosowaną akcją jest kliknięcie (na przykład na przycisk), ale dostępnych zdarzeń jest bardzo wiele: między innymi wskazanie kursorem, przeciągnięcie, dwukrotne kliknięcie, zmiana rozmiaru, itp. Istnieją także wydarzenia, na które użytkownik nie ma bezpośrednio wpływu, takie jak wczytanie formularza (nowego lub pierwszego – zdarzenie wywoływane bezpośrednio po otwarciu programu), czy zmiana jednego z parametrów kontrolki lub formularza (widzialność, kolor, kolor tła, rozmiar, itp.).

## 5.2. Opis funkcji programu

Program „Stanowisko do badania regulacji mocy świetlówek z wykorzystaniem protokołu DALI” (dalej nazywany programem) służy do sterowania oświetleniem za pomocą protokołu DALI. Został on stworzony na potrzeby tej pracy magisterskiej przez jej autorów. Wykonano go w środowisku Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition. Jako docelowy framework ustawiono .NET 2.0, aby aplikacja działała także na starszych systemach bez konieczności instalacji .NET 3.5.

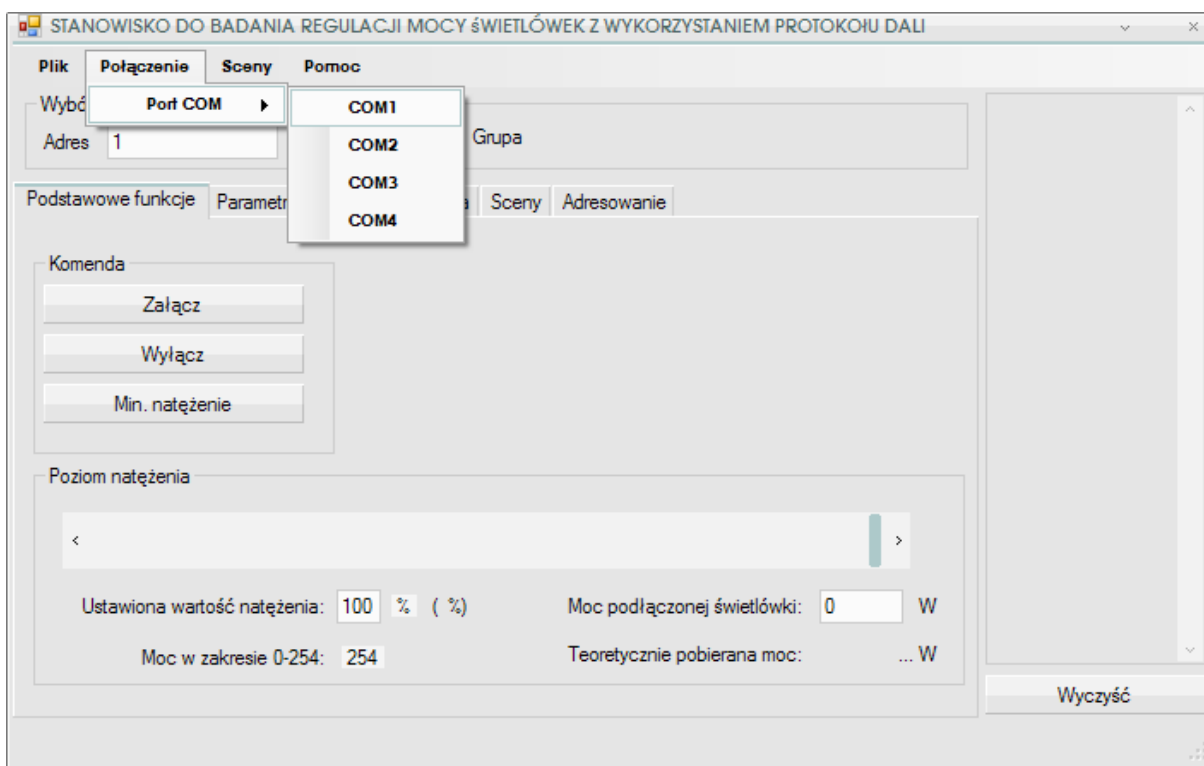
Ekran główny aplikacji został przedstawiony na rys. 5.1. Widać na nim menu, pasek wyboru odbiorców, zakładki z wyborem funkcji, otwartą zakładkę „Podstawowe funkcje”, a także prawy panel wyświetlający wysłane dane z przyciskiem „Wyczyść”.



Rys. 5.1 Ekran główny programu

Pierwszą rzeczą, jaką należy zrobić przed przystąpieniem do pracy, to wybrać sposób połączenia z interfejsem RS232-DALI. Aby to zrobić, należy kliknąć element menu „Połączenie”, następnie „Port COM”, po czym wybrać port, do którego został podłączony interfejs (rys. 5.2). Jeżeli mostek został włączony przez domyślnie ustawiony COM1, wówczas ten etap można pominąć.

Kolejną funkcją dostępną z menu, to zamknięcie programu. W celu jej wywołania należy wybrać element „Plik”, a następnie „Zamknij”. Możliwe jest także zamknięcie programu w sposób tradycyjny dla systemów Windows.

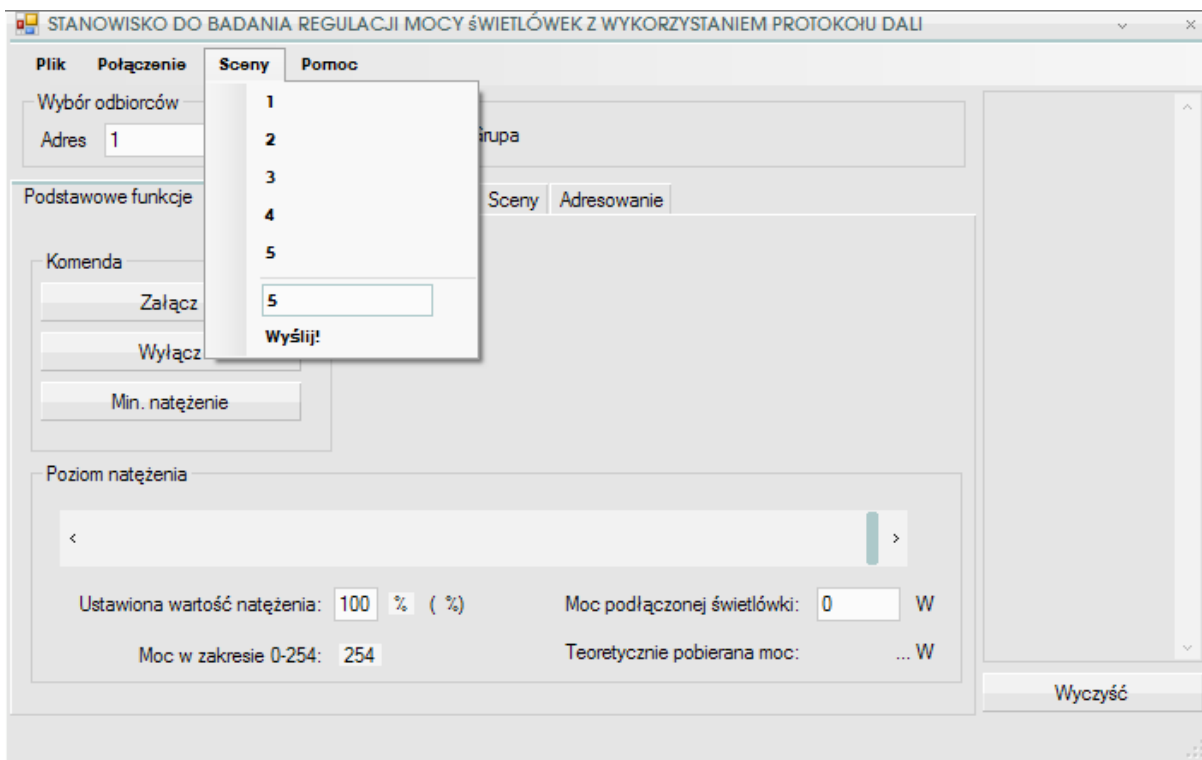


Rys. 5.2 Wybór sposobu podłączenia interfejsu RS232-DALI

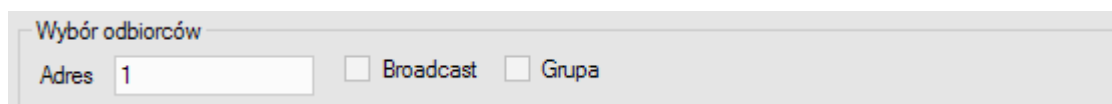
Wybierając menu „Sceny” (rys. 5.3), pojawia się możliwość wyboru sceny. Klikając na jeden z klawiszy 1-5 lub wpisując dowolny numer sceny i klikając „Wyślij”, wysłana zostaje komenda „Idź do sceny” z wybranym numerem. Należy zwrócić uwagę, iż rozkaz zostaje wysłany z adresem podanym w pasku wyboru odbiorcy.

Menu „Pomoc” umożliwia otwarcie okienka zawierającego informacje o sposobie adresowania oraz drugiego, zawierającego krzywą regulacji mocy. Wybrać można także opcję „O programie”.

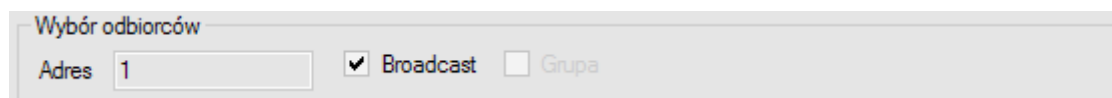
Przy wysyłaniu każdego rozkazu (o ile nie jest on domyślnie wysyłany rozgłoszeniowo) brane są pod uwagę dane z paska wyboru odbiorców (rys. 5.4). Wybranie opcji „Broadcast” (transmisja rozgłoszeniowa) powoduje zablokowanie możliwości edycji adresu oraz wyboru adresowania grup (rys. 5.5).



Rys. 5.3 Menu „Sceny”



Rys. 5.4 Pasek „Wybór odbiorców”

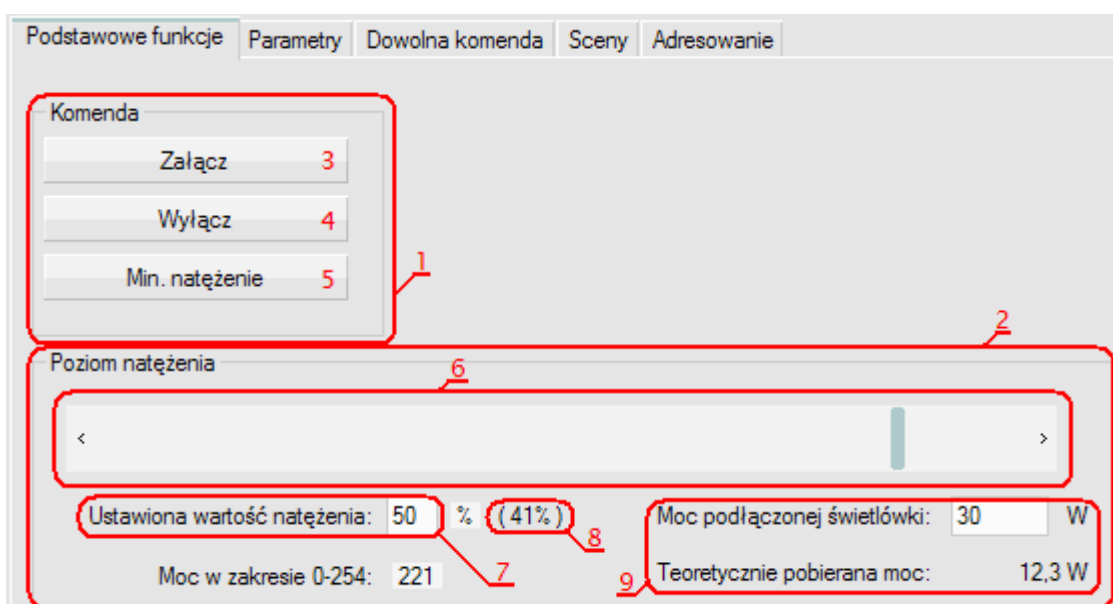


Rys. 5.5 Pasek „Wybór odbiorców” z zaznaczoną opcją „Broadcast”

Zakładka „Podstawowe funkcje” zawiera dwa panele: „Komenda” (oznaczone 1 na rys. 5.6) oraz „Poziom natężenia” (2). Pierwszy z nich składa się z trzech przycisków: „Załącz” (3), „Wyłącz” (4) oraz „Min. natężenie” (5). Po kliknięciu na nie wysyłane są odpowiednio komendy 5 - „Przywołaj maksymalny poziom mocy”, 0 - „Wyłącz” i 6 - „Przywołaj minimalny poziom mocy”. Załączenie lampy nastąpi zarówno po wciśnięciu klawisza „Załącz” jak i „Min. natężenie”, różnica polega jedynie na ilości emitowanego światła (o ile nastawiony poziom minimalny nie jest równy maksymalnemu).

W drugim polu mieści się suwak (6), za pomocą którego można regulować poziom mocy w zakresie  $0 \div 254$ , zgodnie z logarytmiczną krzywą regulacji mocy.

Każda zmiana położenia suwaka powoduje wysłanie rozkazu. Poniżej znajduje się pole „Ustawiona moc natężenia” (7), do którego można wpisać żądaną procentową wartość mocy lampy. Tu także każda edycja zawartości powoduje wysłanie rozkazu, a także przestawienie suwaka do odpowiedniej pozycji oraz wyświetlenie faktycznej wartości procentowej (ze względu na przebieg krzywej regulacji mocy nie każda wartość procentowa jest możliwa do otrzymania) na prawo od omawianego pola. Poniżej wyświetlana jest bitowa wartość mocy. W prawym dolnym rogu (9), po podaniu mocy podłączonej świetlówki, obliczana jest teoretycznie pobierana moc.



Rys. 5.6 Zakładka „Podstawowe funkcje”

Druga strona – „Parametry” (rys. 5.7) – pozwala na ustawienie podstawowych parametrów stateczników: minimalnego i maksymalnego poziomu natężenia, natężenia przy załączaniu oraz awaryjnego, prędkości regulacji i czasu regulacji.

Żądane wartości należy wpisać w odpowiednie pola, a następnie kliknąć przycisk „Zapisz parametry”. Jeżeli wszystkie wartości są prawidłowe, nastąpi wysłanie ciągu komend, którego efektem będzie zapisanie parametrów w pamięci wybranych urządzeń.



Podstawowe funkcje	Parametry	Dowolna komenda	Sceny	Adresowanie
MIN LEVEL : <input type="text" value="1"/> Domyślna wartość: fabrycznie				Uwaga! Poziomy mocy (min level, max level, itd.) są wyrażone w wartościach bitowych! Przelicza się je stosując krzywą regulacji mocy. <input type="button" value="Pokaż krzywą regulacji mocy"/> <input type="button" value="Zapisz parametry"/>
MAX LEVEL : <input type="text" value="255"/> Domyślna wartość: 100%				
POWER ON LEVEL : <input type="text" value="255"/> Domyślna wartość: 100%				
SYSTEM FAILURE LEVEL : <input type="text" value="255"/> Domyślna wartość: 100%				
FADE RATE : <input type="text" value="7"/> Domyślna wartość: 7, zakres 0 (natychmiastowo), 1-15				
FADE TIME : <input type="text" value="0"/> Domyślna wartość: 0, zakres 1-15				
Przywracanie domyślnych parametrów <input type="checkbox"/> <input type="button" value="RESET"/> Polecenie RESET przywraca domyślne wartości parametrów oraz usuwa informacje o grupach i scenach z pamięci statecznika. Nie usuwa adresu statecznika.				

Rys. 5.7 Zakładka „Parametry”

Przycisk „Pokaż krzywą regulacji mocy” otwiera okno z krzywą regulacji mocy, pomocną w doborze podawanych bitowych wartości. Ten sam efekt otrzymujemy po kliknięciu w menu Pomoc, Krzywa regulacji mocy.

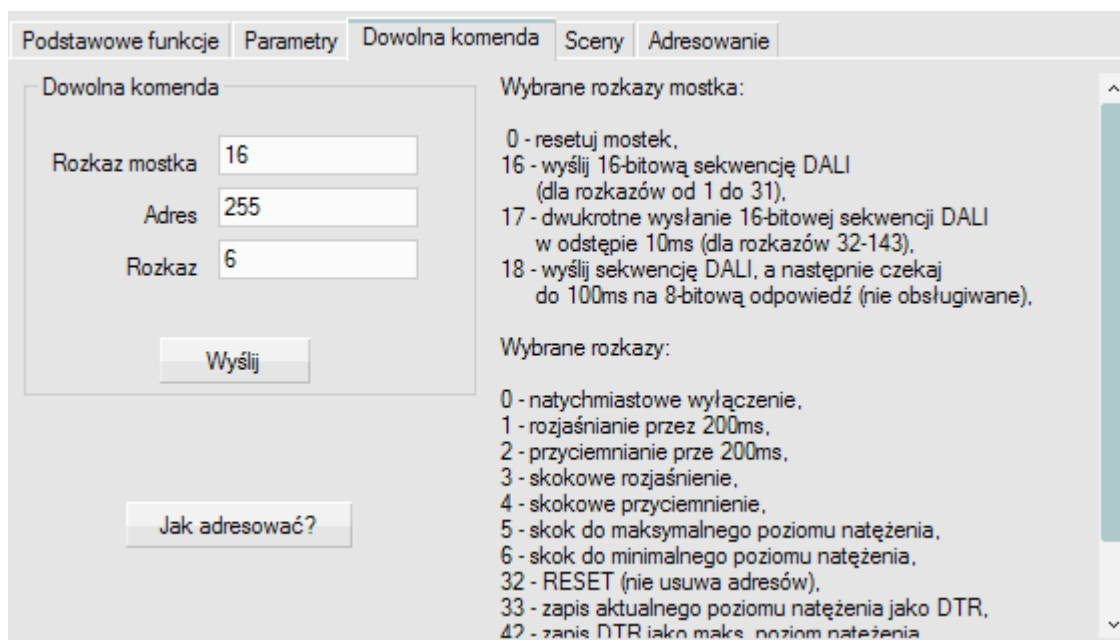
Dolny prawy narożnik zajmuje panel „Przywracanie domyślnych parametrów”. Najważniejszym jego elementem jest klawisz „RESET”, wysyłający rozkaz 32 – „Reset”. Ponieważ przywraca on wiele parametrów do domyślnych (między innymi kasuje sceny oraz przynależność do grup, pełna lista w tabeli 3.3), przycisk został zablokowany w celu uniemożliwienia przypadkowego użycia. Do odblokowania służy pole wyboru, znajdujące się na lewo od samego przycisku.

W zakładce „Dowolna komenda” (rys. 5.8) umieszczono trzy pola tekstowe, do których można wpisać dowolny rozkaz, a następnie wysłać go, klikając przycisk „Wyślij”. W tym wypadku adres nie jest pobierany z paska wyboru odbiorców, a z pola „Adres”.

Pamiętać należy o sposobie adresowania w protokole DALI, gdyż wpisanie „1” nie spowoduje wysłania rozkazu do urządzenia o krótkim adresie 1! W celu podejrzenia sposobu adresowania należy kliknąć przycisk „Jak adresować?”, otworzy się okno z potrzebnymi informacjami.

Do pola „Rozkaz mostka” wpisuje się liczbę, która zostaje przetłumaczona przez mostek na sposób wysłania i odbioru danych. Rozkaz mostka należy wybrać

w zależności od rozkazu DALI. Dokładny opis rozkazów mostka znajduje się w tabeli 4.1.



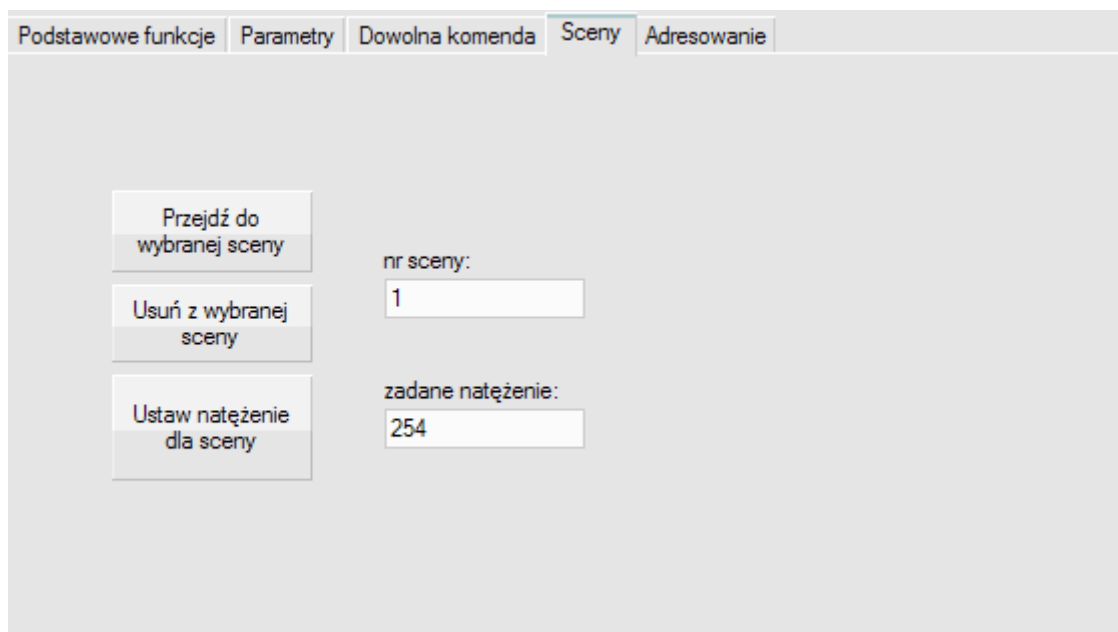
Rys. 5.8 Zakładka „Dowolna komenda”

Numer rozkazu DALI wpisuje się do pola „Rozkaz”. Wybrane rozkazy opisane są w rozdziale 3.5.2.

Prawą część zakładki zajmuje wyciąg z listy rozkazów mostka oraz rozkazów DALI, wraz z krótkimi opisami.

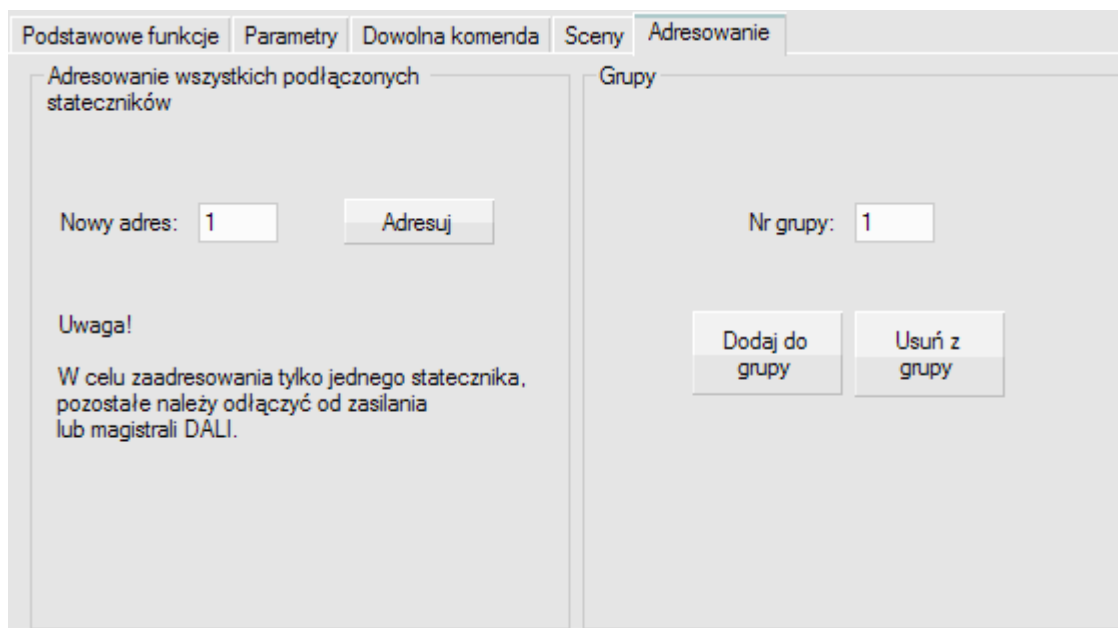
Kolejna strona, „Sceny” (rys. 5.9), umożliwi kontrolę nad ustawionymi scenami. Tu także należy pamiętać, aby prawidłowo zaadresować wysyłane rozkazy, ponieważ można łatwo usunąć wszystkie urządzenia z wybranej sceny lub przejść do danej sceny tylko jednym statecznikiem.

Przycisk „Przejdź do wybranej sceny” wysyła komendę z zakresu 16-31: „Idź do sceny” (w zależności od zawartości pola „nr sceny”), nakazującą wybranym urządzeniom przejście do zapisanego dla danej sceny poziomu mocy. Po kliknięciu „Usuń z wybranej sceny”, zaadresowane urządzenie zostaje usunięte ze sceny wskazanej w polu „nr sceny” (komendy 80-95: „Usuń ze sceny”). Przycisk „Ustaw natężenie dla sceny” zapisuje zawartość pola „Zadane natężenie” do DTR (rozkaz 163), a następnie korzystając z komendy z zakresu 64-79 „Zapisz DTR jako scenę” ustala poziom natężenia dla danej sceny.



Rys. 5.9 Zakładka „Sceny”

Ostatnia strona to „Adresowanie” (rys. 5.10). Korzystając z jej zawartości można nadać urządzeniom krótkie adresy, a także przyporządkować je do poszczególnych grup.



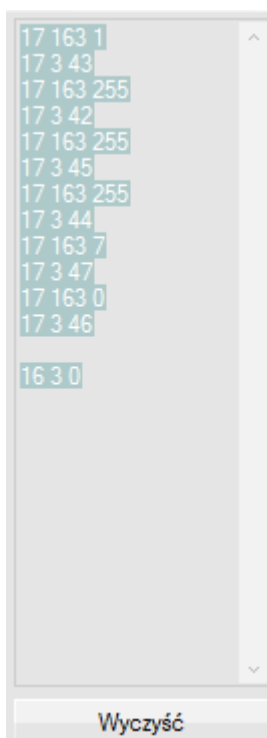
Rys. 5.10 Zakładka „Adresowanie”

Lewy panel, „Adresowanie wszystkich podłączonych stateczników”, służy do nadania krótkiego adresu, podanego w polu „Nowy adres” wszystkim aktualnie podłączonym statecznikom. Wysłanie odpowiednich komend następuje po kliknięciu

przycisku „Adresuj”. Aby korzystanie z tego sposobu adresowania miało sens, w czasie wysyłania należy zostawić podłączone tylko jedno urządzenie, resztę należy odłączyć od zasilania lub sieci DALI.

W panelu „Grupy” podajemy numer grupy, do której dodajemy lub z której usuwamy urządzenie wybrane w pasku „Wybór odbiorców”. Warto zwrócić uwagę, że możliwe jest dodawanie całej grupy do innej grupy. Przykładowo, gdy wybierzemy adres grupy 1, a w pole „Nr grupy” podamy 2 i klikniemy „Dodaj do grupy”, wówczas wszystkie urządzenia należące do grupy 1 zostaną dopisane także do grupy 2. Tak samo można grupowo usuwać urządzenia.

Ostatnim elementem programu jest pole tekstowe znajdujące się przy prawej krawędzi okna. W tym polu umieszczane są na bieżąco wszystkie wysłane bajty danych w postaci dziesiętnej. Przykład został umieszczony na rys. 5.11 – omawiane pole zawiera ciąg danych odpowiadający za zapisanie domyślnych parametrów do urządzenia o adresie 1, a następnie rozkaz wyłączenia go.



Rys. 5.11 Pole wysłanych danych

## 6. Stanowisko laboratoryjne

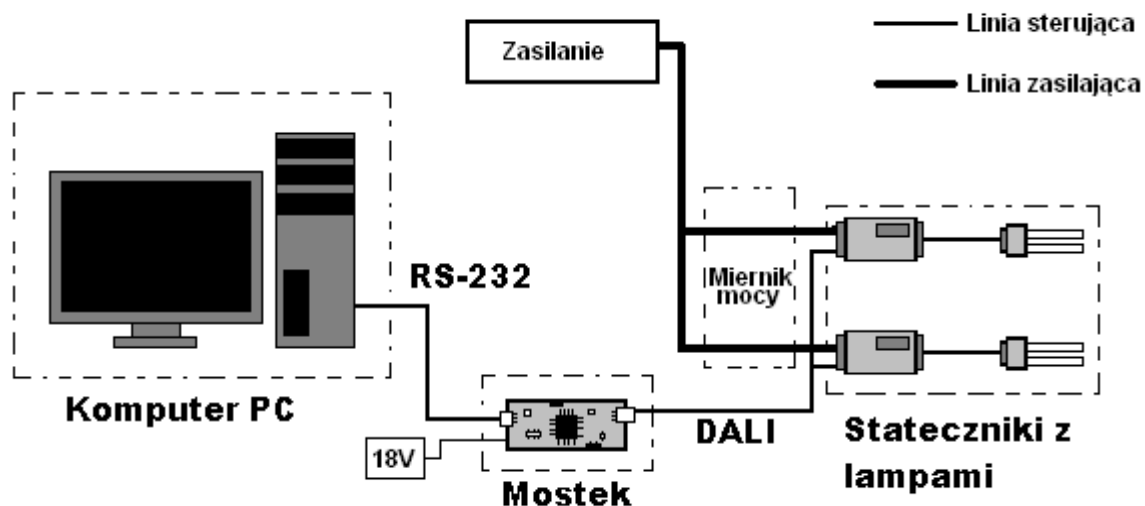
### 6.1. Opis stanowiska laboratoryjnego

Stanowisko laboratoryjne do badania regulacji mocy świetlówek z wykorzystaniem protokołu DALI składa się z następujących elementów:

- jednostka sterująca – komputer klasy PC z zainstalowanym specjalistycznym oprogramowaniem, wykonanym na potrzeby stanowiska laboratoryjnego w ramach tej pracy magisterskiej,
- mostek RS232-DALI, podłączony do jednostki sterującej przez złącze RS232 oraz do jednostek wykonawczych, – stateczników DALI,
- jednostki wykonawcze – stateczniki DALI z podłączonymi odpowiednimi lampami.

Schemat ideowy połączenia powyższych elementów został przedstawiony na rys. 6.1

W ramach stanowiska laboratoryjnego będą wykorzystywane także watomierze służące do pomiaru mocy czynnej, pobieranej przez jednostki wykonawcze podczas regulacji mocy świetlówek oraz woltomierze i amperomierze.

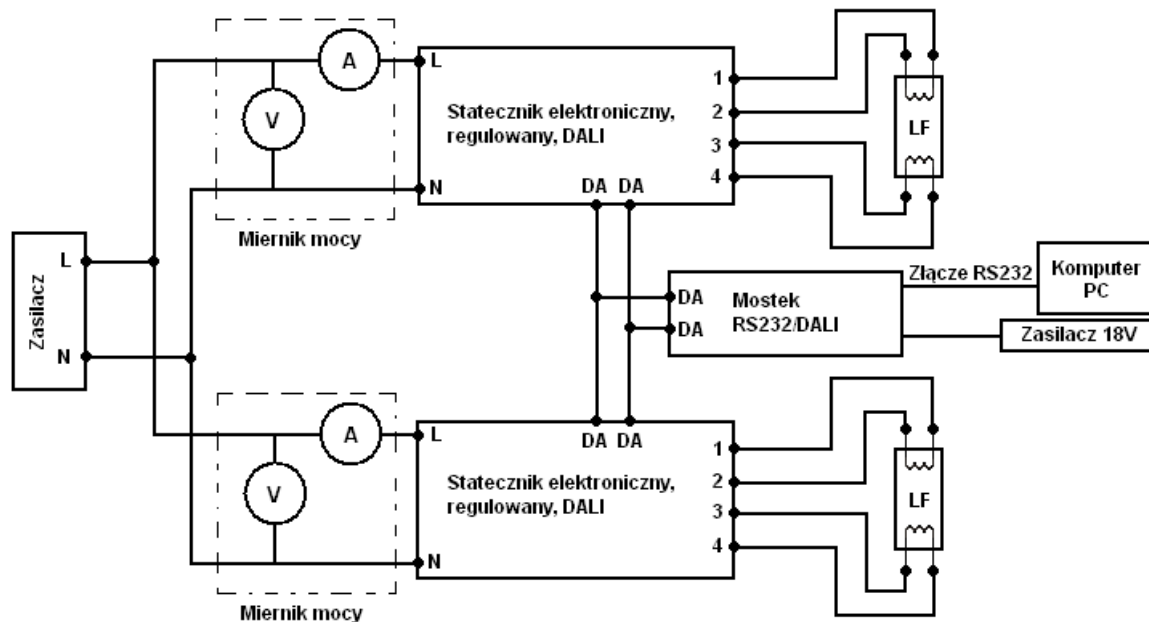


Rys. 6.1 Model stanowiska

Użytkownik, korzystając z funkcji wbudowanych w program, ma możliwość wysyłania komend do mostka. W komendach tych, zawarty jest rozkaz mostka, adres oraz rozkaz DALI. Interfejs RS232-DALI odwołując się do rozkazu mostka, przesyła

w odpowiedni sposób rozkazy do stateczników. Stateczniki przystosowane do współpracy z protokołem DALI, sterują pracą świetlówek, zgodnie z otrzymanymi rozkazami.

Sposób połączenia urządzeń został przedstawiony na rys. 6.2.



Rys. 6.2 Schemat połączeń stanowiska laboratoryjnego

### 6.3. Zadania do wykonania

W niniejszym ćwiczeniu studenci muszą wykonać następujące zadania:

1. Połączenie układu.
2. Sprawdzenie poprawności połączeń i odbioru transmisji przez stateczniki. Wysłanie testowych rozkazów przy użyciu transmisji rozgłoszeniowej (broadcast), np. „Przywołaj maksymalny poziom mocy”, „Wyłącz”, obserwacja efektów.
3. Regulacja mocy dwóch światełek, porównanie faktycznie pobieranej mocy z wyliczoną teoretycznie w programie.
4. Adresowanie stateczników (krótke adresy) przy wykorzystaniu metody z jednym podłączonym statecznikiem. Wysłanie testowych komend pod zadane adresy, obserwacja efektów.
5. Ustawienie parametrów dla dwóch stateczników: dla pierwszego fade time ustawić na 10 (16 s), dla drugiego 2 (1 s), pozostałe parametry pozostawić domyślne. Ustawić transmisję rozgłoszeniową, załączyć obie lampy komendą „Przywołaj minimalny poziom mocy”, a następnie porównać czas zmiany natężenia do wartości maksymalnej dwóch lamp. Wykonać kilka kolejnych zmian natężenia do dowolnych wartości.  
Uwaga: należy pamiętać, że przy niektórych komendach czas regulacji nie jest brany pod uwagę, a zmiana następuje skokowo – między innymi rozkazy „Wyłącz”, „Przywołaj maksymalny poziom mocy”, „Przywołaj minimalny poziom mocy”.
6. Wysłanie rozkazów za pomocą zakładki „Dowolna komenda” programu sterującego. Przykładowo można wyłączyć wszystkie urządzenia (16-255-0), załączyć na maksymalny poziom mocy urządzenie o krótkim adresie 1 (o ile taki jest ustawiony; 16-3-5), rozjaśnienie („W górę”; 16-3-1), itp.
7. Wykorzystanie scen. Korzystając z zakładki „Sceny” ustawić poziom 195 (20%) dla pierwszego statecznika i 245 (80%) dla drugiego, dla sceny 1. Scenie 2 przyporządkować poziomy mocy 245 dla statecznika 1 oraz 195 dla statecznika 2. Wysłać kilkakrotnie transmisją rozgłoszeniową komendy „Przejdź do wybranej sceny”, ustawiając naprzemiennie scenę 1 i 2.

W załączniku I została zamieszczona instrukcja do ćwiczenia laboratoryjnego.

## Literatura

- [1] Broszura DALI, *Flexible lighting solutions that will fascinate your customers. The standard for digital lighting control*, wrzesień 2007, dostępna w Internecie: <http://www.dali-ag.org/index.php?n=mz5>
- [2] Broszura DALI, *Planning Standard for Light*, wrzesień 2007, dostępna w Internecie: <http://www.dali-ag.org/index.php?n=mz5>
- [3] Broszura DALI, *The missing link*, wrzesień 2007, dostępna w Internecie: <http://www.dali-ag.org/index.php?n=mz5>
- [4] DALI AG, *DALI Manual*, grudzień 2010, dostępna w Internecie: <http://www.dali-ag.org/index.php?n=mz0>
- [5] Norma IEC62386-102, *Digital addressable lighting interface – Part 101: General requirements – System*.
- [6] Norma IEC62386-102, *Digital addressable lighting interface – Part 102: General requirements – Control Gear*.
- [7] Nota aplikacyjna AN811: *The RS-232/DALI Bridge Interface*, Microchip Technology Inc., 2002.
- [8] PICkit™ 2 Microcontroller Programmer USER'S GUIDE, Microchip Technology Inc, 2007.
- [9] Visual Studio 2008 – Visual Studio, <http://www.microsoft.com/poland/developer/Visual-Studio-2008.aspx>, [dostęp: 12.09.2011r., 12:12].
- [10] Władziński, W. Inteligentne sterowanie oświetleniem w budynkach przemysłowych. W: *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Nr 20* [online] Dostępny w Internecie: <http://www.iqsystems.com.pl/pdf-y/stateczniki.pdf>
- [11] Wolska, A., Kosiński R., Pawlak A., *Inteligentne systemy sterowania oświetleniem*, Bezpieczeństwo Pracy, Nr 1, 2004.



**Załącznik I**  
**Instrukcja do ćwiczenia**  
**laboratoryjnego**



## BADANIE REGULACJI MOCY ŚWIETŁÓWEK Z WYKORZYSTANIEM PROTOKOŁU DALI.

Michał Narojczyk, Dariusz Stelmaszewski  
Studia stacjonarne II stopnia na Politechnice Poznańskiej, kierunek Elektrotechnika,  
specjalność Technika Świetlna, semestr 3.

Opracowanie wykonano na podstawie:

- 1) IEC 62386-102:2009 – Digital addressable lighting interface – Part 102: General requirements – Control Gear.
- 2) DALI AG, DALI Manual, grudzień 2010, dostępna w Internecie:  
<http://www.dali-ag.org/index.php?n=mz0>
- 3) M. Narojczyk, D. Stelmaszewski: Stanowisko laboratoryjne do badania regulacji mocy świetlówek z wykorzystaniem protokołu DALI (praca zespołowa). Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Poznańska, Poznań 2011.

### 1. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI

Jedną z nowych, wciąż rozwijających się technologii sterowania instalacją oświetleniową na dzisiejszym rynku jest DALI. Nazwa ta jest akronimem od słów Digital Adressable Lighting Interface i w wolnym tłumaczeniu oznacza „adresowalny cyfrowy interfejs sterowania oświetleniem”. Protokół DALI opiera się na rozwiązaniu, w którym wszelkie dane sterujące (np. włączenie lub regulacja mocy oprawy) statecznikiem są przekazywane za pomocą dodatkowej pary przewodów. Osobną parą przewodów w kablu doprowadzone jest zasilanie statecznika.

Każdemu statecznikowi przystosowanemu do współpracy z protokołem DALI można przypisać indywidualny adres, dzięki któremu jest on identyfikowany spośród innych stateczników podłączonych do instalacji. Adres ten zapisywany jest w wyznaczonym obrębie pamięci w stateczniku. Sterowanie odbywa się na zasadzie wysyłania rozkazu, w którym jest określony adres statecznika mającego zareagować na dany rozkaz. Statecznik po otrzymaniu rozkazu porównuje adres w rozkazie z własnym adresem zapisanym w pamięci. Jeśli oba adresy są takie same, statecznik wykonuje przesłany rozkaz. Posiadanie przez stateczniki pamięci pozwala również na zaprogramowanie obsługi grup i scen w instalacji. Statecznik również zareaguje na przesłany rozkaz w przypadku, jeśli w jego pamięci będzie zawarta informacja, że należy do grupy lub sceny, która była zdefiniowana w przesłanym rozkazie.

Sterowanie oświetleniem odbywa się poprzez wysyłanie rozkazów z jednostki kontrolującej. Rozkazy są zawarte w ramach wychodzących, składających się z:

- 1 bitu startu („1” logiczna),
- 1 bajt adresowy „YAAA AAAS”,
- 1 bajt danych „XXXX XXXX”,
- 2 bity stopu (stan jałowy).



Byte startu oraz bajty niosące informacje są kodowane kodem Manchester w celu detekcji błędów transmisji.

Pierwszy bajt w ramce wysyłanej z interfejsu do urządzeń DALI to bajt adresowy. Każde urządzenie podłączone do magistrali DALI powinno reagować na rozkaz z krótkim adresem, adresem grupy lub wysłany w transmisji ogólnej (broadcast).

Tab.1. Rodzaje adresowania

Ilość dostępnych adresów	Typ adresu	Zakres adresów	Bajt adresowy
64	krótki adres	0-63	0AAA AAAS
16	adres grupy	0-15	100A AAAS
	transmisja rozgłoszeniowa (broadcast)		1111 111S
	specjalne komendy		od 1010 0000 do 1111 1101

Bajt adresowy posiada następującą strukturę: **YAAA AAAS**. Różnice pomiędzy poszczególnymi rodzajami adresowania zostały wyjaśnione w tab. 1, natomiast objaśnienie symboli literowych znajduje się poniżej:

Y – rozróżnia krótkie adresy od adresów grupy/transmisji broadcast:

Y = 0 – krótki adres

Y = 1 – adres grupy lub broadcast

A – bity adresowe (6 bitów dla krótkiego adresu: 0-63 lub 4 dla grupy: 0-15)

S – bit wyboru bezpośredniej regulacji mocy:

S = 0 – bezpośrednia regulacja mocy

S = 1 – inna komenda

Najprostszym sposobem adresowania jest transmisja rozgłoszeniowa (broadcast). W tym przypadku bajt adresowy przyjmuje wartość 254 (1111 1110 w kodzie binarnym, 0xFE w kodzie heksadecymalnym) dla bezpośredniej regulacji mocy lub 255 (osiem „jedynek” logicznych, 0xFF) dla dowolnej innej komendy.

Przy wykorzystaniu krótkiego adresu, na wysłany rozkaz reaguje tylko urządzenie o podanym adresie. Jednocześnie w systemie mogą istnieć 64 krótkie adresy. Gdy bajt adresu wysłanego rozkazu zaczyna się od „100” (adres grupy), wówczas zareagują wszystkie urządzenia należące do danej grupy.

W tabeli 2 zostały przedstawione podstawowe parametry, których wartości są edytowalne przez komendy. Podany jest również zakres edycji, jak i fabryczne wartości i wartości ustawione w przypadku użycia komendy RESET.



Rzeczywisty minimalny poziom mocy, to najniższy poziom mocy, jaki może być ustawiony dla danego statecznika. Jest to wartość domyślna, fabrycznie ustawiona przez producenta. Maskę jest to przypisany do pewnej wartości taki stan, który jest uznawany przez protokół DALI za brak tego parametru. Zwykle jako maskę w protokole DALI używa się wartości 255. Przykładowo, określając poziom mocy po włączeniu lampy możemy użyć wartości z zakresu 0-255, gdzie wartość 255 jest maską. Oznacza to, że ustawiając wartość 255, statecznik po włączeniu ustawi ostatecznie używany poziom mocy. Wartość 0 jest przypisana stanowi wyłączenia lampy, dlatego gdy chcemy ustawić brak parametru, nie stosujemy zera, tylko maskę.

Tab. 2: Domyślne wartości oraz zakres zmian podstawowych parametrów

Parametr	Domyślna wartość	Wartość po zresetowaniu	Zakres zmian
Aktualny poziom mocy	-	254	0, Minimalny poziom mocy – Maksymalny poziom mocy
Poziom mocy po włączeniu	254	254	0 – 255 ("Maska")
Awaryjny poziom mocy	254	254	0 – 255 ("Maska")
Minimalny poziom mocy	Rzeczywisty poziom minimalny	Rzeczywisty poziom minimalny	Rzeczywisty poziom minimalny – Maksymalny poziom mocy
Maksymalny poziom mocy	254	254	Minimalny poziom mocy – 254
Prędkość ściemniania	7	7	1 – 15
Czas ściemniania	0	0	0 – 15
Krótki adres	255 ("Maska") – brak adresu	brak zmian	0 – 63, 255 ("Maska")
Adres identyfikacji	FF FF FF	FF FF FF	00 00 00 – FF FF FF
Losowy adres	FF FF FF	FF FF FF	00 00 00 – FF FF FF
Grupy 0 – 7	0000 0000 (brak przypisanej grupy)	0000 0000 (brak przypisanej grupy)	0 – 255
Grupy 8 – 15	0000 0000 (brak przypisanej grupy)	0000 0000 (brak przypisanej grupy)	0 – 255
Sceny 0 – 15	255 ("Maska") – brak sceny	255 ("Maska") – brak sceny	0 – 255 ("Maska")
DTR	-	brak zmian	0 – 255



Zakres zmian parametrów mocy lampy wyznacza przedział wartości 0 – 254. W tym przypadku również wartość 0 odpowiada za brak mocy, czyli stan wyłączenia lampy. Wartość 254 określa maksymalny rzeczywisty poziom mocy lampy, odpowiadający 100% mocy lampy. Wartości w zakresie zmian mocy lampy określone są za pomocą funkcji wykładniczej:

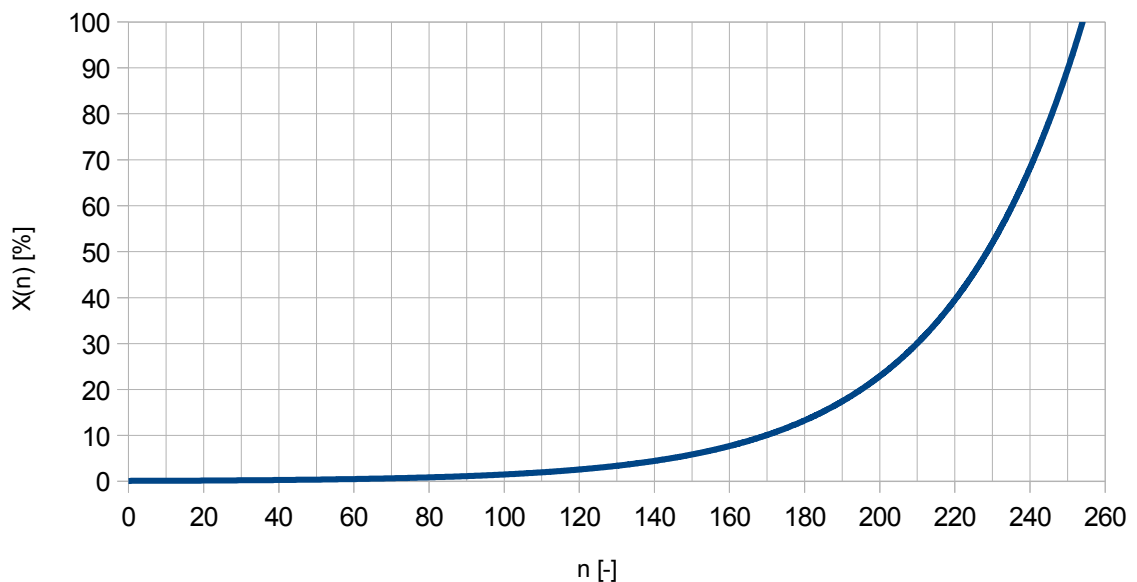
$$X(n) = 10^{\frac{n-1}{253}-1} \quad (1)$$

Gdzie:

X(n) – określa moc w %

n – wartość parametru

Funkcję określoną wzorem (1) można zilustrować za pomocą wykresu:



Rys. 1 Wykres określający zależność pomiędzy poziomem mocylampy a jej 8-bitowym odpowiednikiem.



Duży wpływ na działanie statecznika oraz zmiany poziomu mocy lampy mają takie parametry jak prędkość ściemniania oraz czas ściemniania. Wartości, które dla tych parametrów ustawiamy, mają przełożenie w przypadku czasu ściemniania na czas w sekundach, a w przypadku prędkości ściemniania – na ilość kroków na sekundę. Zależności te zostały przedstawione w tabeli:

Tab. 3 Wartości czasu ściemniania oraz predkości ściemniania.

X	Czas ściemniania	Prędkość ściemniania
	[ s ]	[ilość kroków / s]
0	Natychmiastowe ściemnienie	Nie dotyczy
1	0,7	358
2	1,0	253
3	1,4	179
4	2,0	127
5	2,8	89,4
6	4,0	63,3
7	5,7	44,7
8	8,0	31,6
9	11,3	22,4
10	16,0	15,8
11	22,6	11,2
12	32,0	7,9
13	45,3	5,6
14	64,0	4,0
15	90,5	2,8

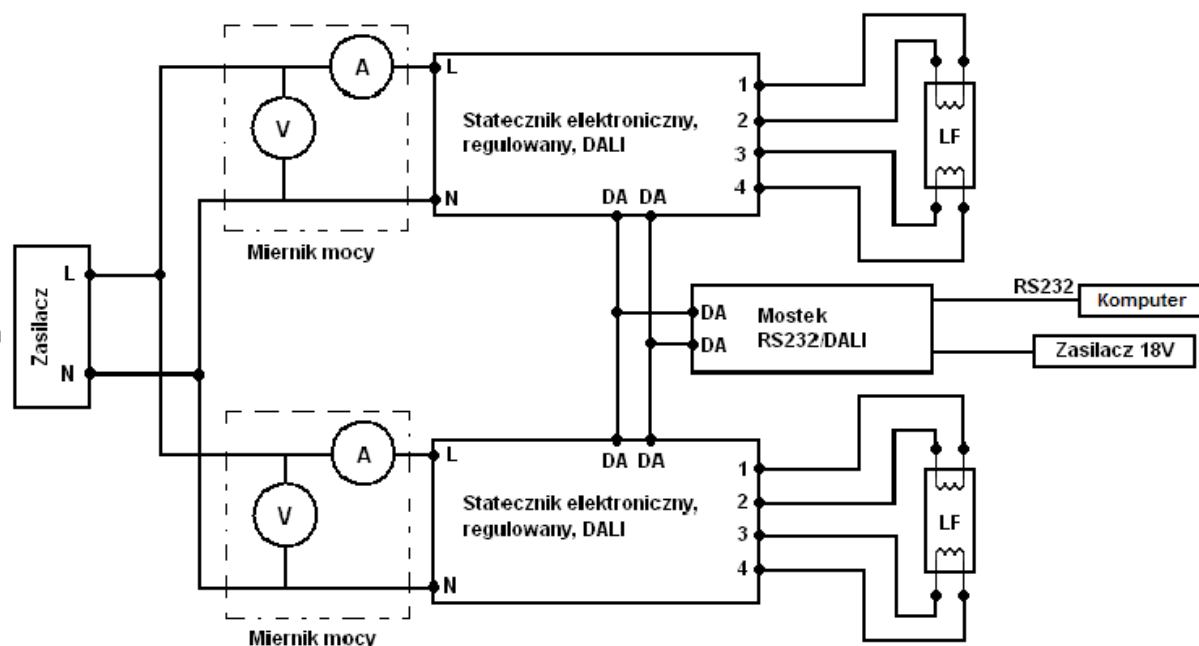
## 2. PRZEBIEG ĆWICZENIA

### Część 1. Wysłanie próbných rozkazów

Należy połączyć wszystkie elementy stanowiska laboratoryjnego zgodnie z rys. 2. Po podłączeniu interfejsu RS232-DALI do odpowiedniego portu, należy włączyć komputer i program „RS232-DALI”. Następnie, z menu „Połączenie” należy wybrać przez który port mostek został połączony. W celu sprawdzenia poprawności komunikacji między jednostką sterującą (komputerem) a urządzeniami wykonawczymi (stateczniki), należy wysłać próbne rozkazy. Aby to zrobić, trzeba wybrać transmisję rozgłoszeniową (zaznaczyć pole wyboru Broadcast), a następnie kliknąć przycisk „Załącz”, „Wyłącz” lub „Min. natężenie”. Po stwierdzeniu poprawności działania układu, dla zapewnienia prawidłowego przebiegu ćwiczenia, wysłać komendę RESET z zakładki „Parametry”.

### Część 2. Regulacja mocy świetlówek

Wyłączyć obie lampy. W zakładce „Podstawowe funkcje” uzupełnić moc podłączonych lamp. Następnie stopniowo zwiększać poziom mocy obu lamp (korzystając z suwaka lub pola tekstowego na dole zakładki „Podstawowe funkcje”), po każdej zmianie zapisując bitową wartość mocy, wartości pobieranych mocy oraz obliczoną w programie sterującym moc teoretycznie pobieraną. Należy zwrócić uwagę na logarytmiczny charakter krzywej regulacji mocy i zagęścić pomiary pod koniec zakresu regulacji. Wyniki zamieścić w załączonej tabeli. Sporządzić wykres, pokazujący zależność mocy pobieranych przez stateczniki i mocy teoretycznie pobieranej od nastawionego poziomu mocy w wartościach bitowych (patrz Rys. 1).



Rys. 2 Schemat połączeń

### Część 3. Adresowanie

W celu nadania adresu jednemu statecznikowi, należy odłączyć wszystkie pozostałe (od zasilania lub magistrali DALI), otworzyć zakładkę „Adresowanie”, wpisać żądany adres i kliknąć „Adresuj”. To samo należy powtórzyć dla drugiego statecznika, zwracając uwagę na to, aby oba adresy były różne. Następnie należy sprawdzić poprawność zaadresowania, wysyłając pod wcześniej ustalone adresy dowolne rozkazy.

### Część 4. Ustawianie parametrów

Korzystając z zakładki „Parametry”, należy podać czas ściemniania (fade time): 10, pozostawiając niezmienną resztę parametrów, a następnie przesłać parametry do jednego ze stateczników (wybierając odpowiedni adres). Następnie wykonać podobną operację dla drugiego statecznika, podając czas ściemniania 2. Zaobserwować różnicę w czasie zmiany poziomów strumienia świetlnego. Aby wywołać zmianę poziomu strumienia świetlnego, należy skorzystać z suwaka lub pola tekstowego na dole zakładki „Podstawowe funkcje”. Zanotować wnioski i podać przybliżone czasy regulacji.

### Część 5. Dowolne rozkazy

Korzystając z informacji dostępnych w zakładce „Dowolna komenda” oraz oknie „Adresowanie”, należy wykonać następujące zadania i zanotować wartości liczbowe wysyłanych rozkazów (rozkaz mostka, adres, rozkaz):

- skok do maksymalnego poziomu wszystkich lamp jednocześnie,
- wyłączyć jedno z urządzeń, wykorzystując jego adres (pamiętać, że nadany adres nie jest tożsamy z wysyłanym bajtem adresowym!),
- ustawić na drugim urządzeniu poziom mocy w zakresie 10-80% za pomocą suwaka, a następnie korzystając z zakładki „Dowolna komenda” ustawić ten poziom jako maksymalny (zapisać aktualny poziom jako DTR, następnie zapisać DTR jako maksymalny poziom – 2 kolejne komendy!).



### Część 6. Wykorzystanie scen

Przejsć do zakładki „Sceny”. Wysłać poziom 195 (20%) do pierwszego z urządzeń jako scena 1. Wysłać poziom 245 (80%) do drugiego urządzenia jako scena 1. Dla sceny 2 urządzeniom przyporządkować odpowiednio wartości 245 dla pierwszego i 195 dla drugiego. Korzystając z transmisji rozgłoszeniowej wybrać kilka razy naprzemiennie sceny 1 i 2. Zanotować wnioski.

### Część 7. Tabela wyników

L.p.	Wartość bitowa	Moc teoretycznie pobierana	Moc P1 [W]	Moc P2 [W]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				