

**Zespół Szkół Mechaniczno – Elektrycznych w Trzebini**

# **PRACA DYPLOMOWA**

**Zastosowanie programu EAGLE do projektowania  
obwodów drukowanych**

**Wykonał:**

**Kamil Wasyl**

**Konsultacje:**

**mgr inż. Piotr Brzózka**

**Trzebinia 2005**

# Spis treści

Cel pracy dyplomowej .....	5
Rozdział 1: Wiadomości wstępne .....	6
1.1 Wstęp.....	6
1.2 Wymagania sprzętowe .....	6
1.3 Ogólna charakterystyka programu .....	7
1.4 Podstawowe cechy programu EAGLE 4.1 .....	8
1.5 Pliki programu EAGLE 4.1 .....	11
1.6 Pliki kopii zapasowej .....	11
1.7 Konfigurowanie programu .....	11
1.8 Wydawanie poleceń .....	13
Rozdział 2: Pierwsze spojrzenie na program .....	14
2.1 Panel Sterowania (Control Panel) .....	14
2.2 Edytor schematów ideowych (Schematic Module).....	18
2.3 Edytor płytek drukowanych (Layout Editor) .....	25
Rozdział 3: Rozpoczęcie pracy z programem .....	32
3.1 Tworzenie projektów.....	32
3.2 Wczytywanie plików EAGLE.....	33
3.3 Wybieranie warstw do wyświetlania.....	33
3.4 Ustawienia siatki i jednostki .....	34
Rozdział 4: Obwody, koła, łuki, prostokąty i tekst .....	36
4.1 Polecenie WIRE .....	36
4.2 Parametry polecenia WIRE .....	36
4.3 Zmiana szerokości linii .....	37
4.4 Zmiana obiektu na inną warstwę.....	38
4.5 Funkcja UNDO/REDO .....	38
4.6 Polecenie CIRCLE .....	38
4.7 Polecenie ARC .....	39
4.8 Polecenie RECT .....	40
4.9 Polecenie TEXT .....	40
4.10 Zmienne tekstowe .....	41
Rozdział 5: Używanie bibliotek .....	42
5.1 Polecenie ADD.....	42
5.2 Polecenie USE.....	45
5.3 Polecenie INVOKE .....	45
Rozdział 6: Rysowanie schematu .....	47
6.1 Siatka.....	47
6.2 Dodawanie ramki do schematu .....	47
6.3 Dodawanie i zmiana tekstu .....	48
6.4 Wprowadzanie schematu.....	49
6.5 Polecenie NET.....	50
6.6 Polecenie NAME.....	50
6.7 Polecenie LABEL .....	51
6.8 Polecenie DELETE .....	51
6.9 Polecenie JUNCTION.....	51
6.10 Polecenie SHOW.....	52

6.11 Polecenie MOVE.....	53
6.12 Historia funkcji.....	53
6.12 Uzupełnianie schematu .....	54
6.12 Polecenie SMASH.....	54
6.13 Polecenie VALUE.....	55
6.14 Polecenie ERC (Electrical Rule Check).....	55
6.15 Generowanie płytki drukowanej na podstawie schematu .....	56
6.16 Polecenie BUS.....	56
Rozdział 7: Automatic Forward&Back Annotation .....	58
Rozdział 8: Projektowanie płytki .....	59
8.1 Projektowanie płytki bez schematu.....	59
8.2 Siatka .....	60
8.3 Umieszczanie elementów .....	60
8.4 Umieszczanie obudów SMD .....	61
8.5 Wprowadzanie nazw .....	61
8.6 Wprowadzanie wartości .....	62
8.7 Definiowanie sygnałów .....	62
8.8 Definiowanie klas sygnałów .....	63
Rozdział 9: Tworzenie płytki na podstawie schematu .....	64
9.1 Generowanie pliku płytki .....	64
9.2 Umieszczanie elementów .....	64
9.3 Autorouter – krótki przykład.....	65
9.4 Ręczne prowadzenie ścieżek .....	66
9.5 Zmiany na płycie .....	67
Rozdział 10: Dalsza praca z modułem Layout Editor.....	68
10.1 Polecenie DISPLAY .....	68
10.2 Polecenie MOVE.....	68
10.3 Polecenie GROUP .....	69
10.4 Polecenie SPLIT.....	70
10.5 Polecenie CHANGE.....	70
10.6 Polecenie ROUTE .....	70
10.7 Polecenie RIPUP .....	71
10.8 Polecenie SHOW.....	71
10.9 Odświeżanie obrazu .....	71
10.10 Funkcja UNDO/REDO .....	71
10.11 Warstwy wewnętrzne .....	72
10.12 Warstwy zasilające.....	72
10.13 Polecenie POLYGON .....	73
Rozdział 11: Autorouter .....	75
Rozdział 12: Design Rule Check .....	77
Rozdział 13: Biblioteki.....	78
13.1 Obudowa rezystora.....	78
13.2 Symbol rezystora.....	80
13.3 Rezystor (gotowy element) .....	80
13.4 Okno Connect.....	82
13.5 Okno Device Editor.....	83
Rozdział 14: Tworzenie rysunków i danych. ....	84
14.1 Przenoszenie schematów na papier za pomocą polecenia PRINT .....	84
14.2 Generowanie plików obrazu do dokumentacji.....	85
14.3 Generowanie danych Gerber przy pomocy procesora CAM .....	85

14.4 Generowanie danych do wiercenia .....	86
14.5 Kolejne dane produkcyjne.....	86
14.6 Język programowania (EAGLE User Language).....	87
14.7 Pliki skryptów .....	87
Rozdział 15: Okno edytora tekstów .....	88
Rozdział 16: Dodatkowe polecenia programu EAGLE .....	90
16.1 Polecenie ASSIGN .....	90
16.2 Polecenie CLOSE.....	90
16.3 Polecenie EXPORT.....	91
16.4 Polecenie UPDATE.....	91
Rozdział 17: Warstwy i ich zastosowanie.....	92
17.1 Warstwy modułu Layout Editor .....	92
17.2 Warstwy modułu Schematic Editor i Device Editor .....	94
Rozdział 18: Przykładowy projekt układu elektronicznego.....	95
18.1 Schemat ideowy .....	95
18.2 Płytką drukowana.....	97
Wnioski .....	100
Bibliografia.....	101
Załączniki .....	102

## **Cel pracy dyplomowej**

Celem mojej pracy dyplomowej było opracowanie podstawowego przewodnika po programie EAGLE, umożliwiającego użytkownikowi tworzenie prostych obwodów drukowanych.

## Rozdział 1: **Wiadomości wstępne**

### **1.1 Wstęp**

Program CADSOFT EAGLE 4.1 jest profesjonalnym narzędziem służącym do projektowania schematów elektrycznych i obwodów drukowanych. Należy on do grupy programów typu CAD, czyli aplikacji wspomagających projektowanie obwodów elektrycznych. Sama nazwa EAGLE jest natomiast skrótem od angielskich słów Easily Applicable Graphical Layout Editor. Tłumacząc je w sposób niedosłowny oznacza to dający się łatwo zastosować graficzny edytor schematów ideowych i obwodów drukowanych. Słowo „Layout” oznacza bowiem układ, co w tym przypadku można zinterpretować jako rozmieszczenie elementów elektronicznych, ścieżek, punktów lutowniczych, przelotek, tekstów i innych elementów schematu elektrycznego.

### **1.2 Wymagania sprzętowe**

Do prawidłowej pracy programu konieczny jest komputer klasy PC zawierający:

- ✓ procesor 586 lub nowszy
- ✓ 50 MB wolnego miejsca na dysku twardym
- ✓ kartę graficzną umożliwiającą wyświetlenie obrazu w rozdzielczości 1024 x 768 pikseli
- ✓ mysz z 3 przyciskami
- ✓ system operacyjny Microsoft Windows 95/98/ME/NT4/2000/XP lub Linux zawierający jądro 2.x (istnieją dwie wersje programu – na platformę Windows oraz platformę Linux)

### 1.3 Ogólna charakterystyka programu

Jak już wcześniej wspomniałem, podstawową funkcją programu jest pomoc w stworzeniu dowolnego schematu elektrycznego. Do dyspozycji mamy pełen zestaw elementów elektronicznych zawartych w specjalnych bibliotekach programu, które w zależności od naszych potrzeb możemy dowolnie edytować i zmieniać poprzez dodawanie lub usuwanie poszczególnych elementów bądź też całych bibliotek.

Utworzony już schemat elektroniczny możemy następnie przenieść do edytora obwodów drukowanych, co znacznie pozwala skrócić czas wykonywania projektu. Nie ma bowiem konieczności ponownego rozmieszczania i łączenia elementów elektronicznych.

Ciekawym elementem programu jest również funkcja DRC (Design Rule Check), czyli sprawdzanie poprawności zasad projektowania oraz funkcja ERC (Electrical Rule Check) sprawdzająca poprawność połączeń elektrycznych.

Ważną cechą programu jest również fakt, iż aplikacja ta została napisana z myślą o użytkownikach pracujących na różnych platformach systemowych. EAGLE jest więc dostępny w dwóch wersjach: pierwszej – pracującej w środowisku Windows oraz drugiej – napisanej tak, aby możliwe było uruchomienie jej na wszystkich dostępnych dystrybucjach systemu Linux. Dzięki temu faktowi użytkownikami programu EAGLE mogą stać się nie tylko posiadacze komercyjnego systemu operacyjnego firmy Microsoft, ale również użytkownicy komputerów osobistych pracujący na darmowych dystrybucjach Linuxa.

EAGLE dostępny jest w kilku wersjach. W zależności od potrzeb mamy do wyboru wersję Professional, Standard oraz Light. Plik instalacyjny programu znajduje się na serwerze firmy CADSOFT i jest do pobrania za darmo. Podczas pierwszego uruchomienia aplikacji zostanie wyświetlone jednak okno dialogowe z prośbą o podanie wybranej wersji programu (Rys. 1). Standardowo mamy do czynienia z wersją Light (służącą głównie do nauki). Oczywiście zawsze istnieje możliwość wykupienia licencji, która pozwoli na korzystanie bez ograniczeń ze wszystkich dostępnych w programie funkcji.

Rys. 1



**Użyj dysku z licencją** – pozwala na wprowadzenie zakupionej wcześniej licencji programu

**Uruchom wersję darmową** – uruchamia program w wersji darmowej (Light)

**Anuluj** – zamyka okno

## 1.4 Podstawowe cechy programu EAGLE 4.1

### Cechy ogólne:

- maksymalny obszar rysowania 64 x 64 cale (1600 x 1600 mm)
- rozdzielczość 1/10000 mm (0,1 mikrona)
- siatka rastra wyrażona w milimetrach lub calach
- do 255 warstw druku, kolory definiowane przez użytkownika
- pliki poleceń (skrypty)
- zbliżony do C język użytkownika (User Language) służący do importowania i eksportowania danych
- proste edytowanie biblioteki
- kompozycja bibliotek definiowana przez użytkownika (z już istniejącymi elementami) za pomocą techniki Drag&Drop (przeciąg i puść)
- proste generowanie nowych wariantów obudowy z dowolnej biblioteki za pomocą techniki Drag&Drop (przeciąg i puść)
- nieograniczone obracanie obudów (krok co 0,1 stopnia)

- przeglądarka biblioteki wraz z funkcją wyszukiwania
- rozróżnianie technologii produkcji układów
- możliwość generowania wyjść graficznych (produkcyjnych i testowych) współpracujących z procesorem CAM lub językiem User Language
- wydruki na drukarkach kompatybilnych z systemem operacyjnym użytkownika
- definiowany przez użytkownika język programowania User Language umożliwiający generowanie danych wykorzystywanych przez maszyny montujące, testowe, itp.
- generowanie listy części elektronicznych z obsługą bazy danych
- możliwość pracy w panelu sterowania (Control Panel) z zastosowaniem techniki Drag&Drop (przeciągnij i puść)
- funkcja automatycznego tworzenia kopii zapasowej

### **Cechy edytora płytek drukowanych (Layout Editor):**

- pełne wsparcie dla obudów konwencjonalnych i SMD
- możliwość stosowania zaślepionych i ukrytych przelotek
- obracanie elementów pod dowolnym kątem (krok co 0,1 stopnia)
- umieszczanie tekstu w dowolnym miejscu
- dynamiczne kalkulowanie linii sygnałowych podczas prowadzenia ścieżek
- ścieżki mogą przyjmować kształty zaokrąglonych rogów o dowolnym promieniu
- funkcja wygładzania miejsc łączenia obwodów
- Design Rule Check - sprawdzanie poprawności zasad projektowania
- możliwość przypisania wielu obudów jednemu elementowi

### **Cechy edytora schematów ideowych (Schematic Module):**

- możliwość podzielenia schematu na 99 arkuszy
- proste kopiowanie elementów
- prosta aktualizacja schematów oraz płytek drukowanych za pomocą funkcji Online-Forward&Back Annotation
- automatyczne generowanie płytki
- automatyczne generowanie sygnałów zasilających
- Electrical Rule Check – sprawdzanie poprawności połączeń elektrycznych

### Cechy modułu autotrasowania (Autorouter Module):

- pełna integracja z podstawowym programem
- definiowanie reguł projektowania (Design Rules)
- możliwość zmiany pomiędzy manualnym i automatycznym prowadzeniem ścieżek w dowolnym momencie
- definiowana przez użytkownika strategia projektowania z uwzględnieniem kosztów projektu
- możliwość prowadzenia ścieżek z dokładnością do 0,02 mm
- brak ograniczeń w stosunku do rozmieszczenia elementów
- do 16 warstw sygnałowych
- do 14 warstw zasilających
- możliwość stosowania zaślepionych i ukrytych przelotek
- rozróżnianie rozmaitych klas sygnałów

Ograniczenia w stosunku do wersji Professional przedstawia poniższa tabela (Tab. 1)

Tab. 1

Standard	Light (Freeware)
<ul style="list-style-type: none"><li>• obszar projektowania płytki jest ograniczony do rozmiaru 160 x 100 mm (około 6,3 x 3,9 cala); projektowanie, umieszczanie elementów i rysowanie sygnałów poza tym obszarem jest niemożliwe</li><li>• maksymalnie można wyprowadzić tylko 4 poziomy sygnałowe (poziom górny, poziom dolny oraz dwa wewnętrzne poziomy)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• obszar projektowania płytki jest ograniczony do rozmiaru 160 x 100 mm (około 6,3 x 3,9 cala); projektowanie, umieszczanie elementów i rysowanie sygnałów poza tym obszarem jest niemożliwe</li><li>• maksymalnie można wyprowadzić tylko 2 poziomy sygnałowe (poziom górny, oraz poziom dolny, nie ma poziomów wewnętrznych)</li><li>• schematy mogą składać się tylko z pojedynczych arkuszy</li></ul>

## 1.5 Pliki programu EAGLE 4.1

Poniższa tabela (Tab. 2) przedstawia szczegółowe informacje na temat najważniejszych plików, które mogą być edytowane przez program EAGLE.

Tab. 2

Typ pliku	Okno	Rozszerzenie pliku
Płytką drukowaną	Edytor płytek drukowanych	*.brd
Schemat	Edytor schematów ideowych	*.sch
Biblioteka	Edytor bibliotek	*.lbr
Skrypt	Edytor tekstu	*.scr
Program użytkownika	Edytor tekstu	*.ulp
Dowolny plik tekstowy	Edytor tekstu	*.*

## 1.6 Pliki kopii zapasowej

EAGLE tworzy kopie zapasowe plików płytek drukowanych, schematów elektrycznych i bibliotek. Są one zapisywane jako pliki o tej samej nazwie, lecz o zmodyfikowanych rozszerzeniach. Kopie plików z rozszerzeniem \*.brd są zapisywane jako \*.b#1, kopie plików \*.sch jako \*.s#1, a kopie zapasowe bibliotek \*.lbr jako \*.l#1. Zdarza się również, że pliki programu EAGLE zapisywane są w pewnej przerwie czasowej. W takim przypadku program nadaje plikom rozszerzenie \*.b##, \*.s## lub \*.l##. Aby zastąpić oryginalne pliki plikami kopii zapasowej należy zamienić rozszerzenie pliku kopii na oryginalne rozszerzenie typu \*.brd, \*.sch lub \*.lbr.

**Uwaga:** Tylko wersja programu przeznaczona na platformę Linux rozróżnia małe litery w rozszerzeniach plików !

## 1.7 Konfigurowanie programu

Aby jak najbardziej ułatwić pracę użytkownikowi, EAGLE pozwala na dowolne konfigurowanie programu według własnych potrzeb. Dokonywane zmiany mogą dotyczyć: konfiguracji menu, klawiszy funkcyjnych, kolorów, itd. Ustawień tych można dokonywać w dowolnym momencie, zarówno w panelu sterowania (Control Panel) jak i w oknach edytorów. Służy do tego menu *Options*.

### **Plik skryptu (eagle.scr)**

W pliku tym zapisywane są aktualne wartości parametrów konfiguracyjnych modułów: Schematic, Layout i Library Editors. Wartości te można wprowadzać za pomocą poleceń programu. Do konfigurowania programu EAGLE służy natomiast język poleceń EAGLE (command language). Składnia każdego z poleceń opisana jest w menu pomocy programu.

### **Interfejs użytkownika (User interface)**

Interfejs użytkownika może być konfigurowany w dowolny sposób, w zależności od potrzeb i upodobań użytkownika. Dokonuje się tego w opcjach Interfejsu użytkownika. Aby tego dokonać należy w dowolnym oknie (Panel Sterowania, Edytor schematów ideowych, Edytor płytek drukowanych) wybrać z paska menu *Options/User interface*. Oczywiście zawsze istnieje możliwość pracy z domyślnymi ustawieniami programu.

### **Klawisze funkcyjne**

Niektóre funkcje, czy polecenia programu zostały przypisane przez autorów aplikacji poszczególnym klawiszom funkcyjnym. Istnieje jednak dowolna konfiguracja kombinacji tych klawiszy. Aby tego dokonać należy wybrać (w oknie Edytora schematów ideowych i Edytora płytek drukowanych) menu *Options/Assign*. Podczas konfigurowania klawiszy należy jednak pamiętać, iż system operacyjny również przypisuje niektóre zadania poszczególnym klawiszom funkcyjnym. W takim wypadku nie mogą one być redefiniowane.

### **Kolory warstw**

Kolory warstw można definiować w dowolny sposób. Aby je edytować należy wybrać polecenie *Options/Set*, a następnie kliknąć na zakładkę *Colors*. Istnieje również możliwość definiowania par kolorów: normalny kolor warstwy oraz kolor wyróżniony, który będzie używany do wyświetlania obiektów poddawanych działaniu poleceń SHOW lub MOVE.

Aby zmienić kolor warstwy należy wybrać odpowiednio z paska menu *View/Display....* Następnie zaznaczamy (pojedynczym kliknięciem lewego klawisza myszy) dowolną warstwę i klikamy na *Change*. W nowo otwartym oknie (Change layer properties) mamy możliwość zmiany koloru warstwy (Color) oraz wypełnienia (Fillstyle).

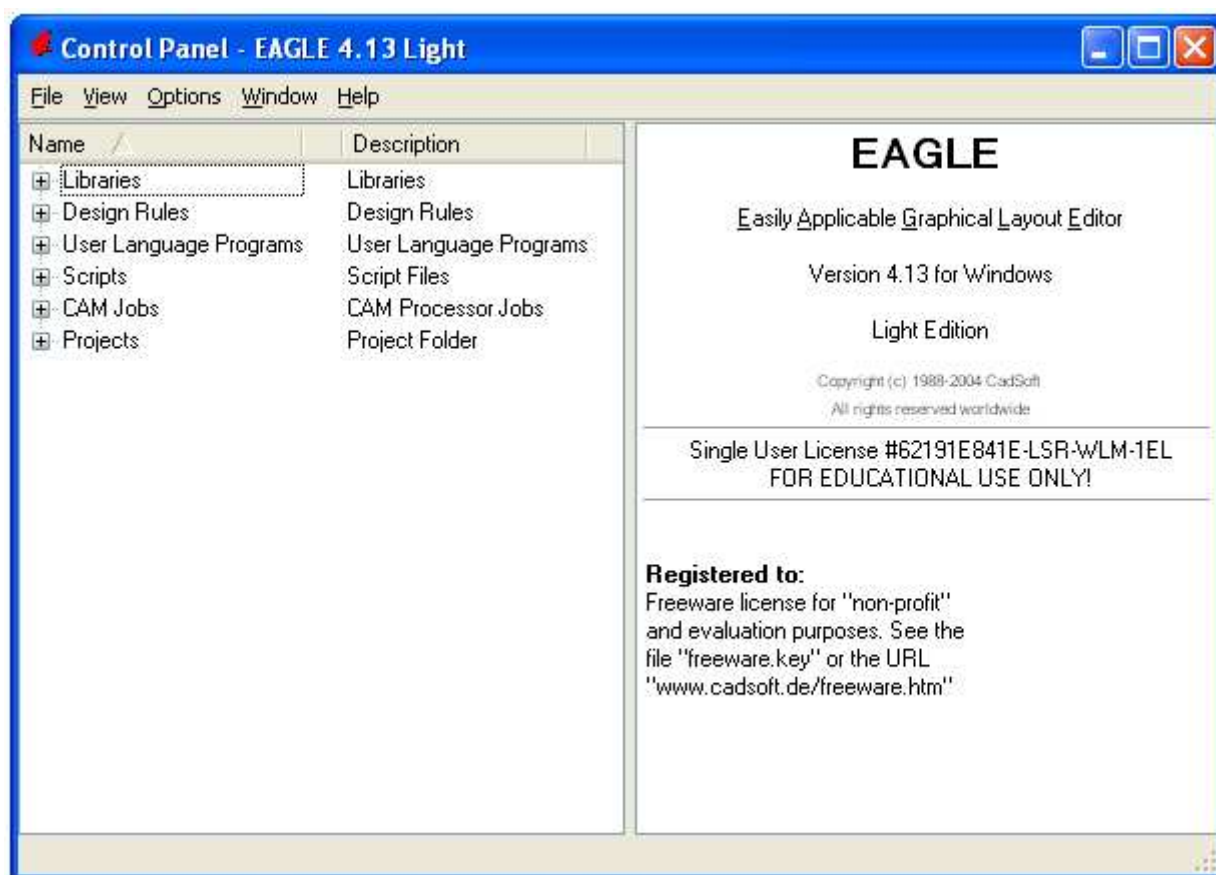
## **1.8 Wydawanie poleceń**

Polecenia w programie EAGLE możemy wydawać na kilka różnych sposobów. Podstawowym sposobem jest oczywiście wydawanie poleceń za pomocą paska menu. Istnieją jednak również alternatywne sposoby. Najwygodniejszym sposobem wydaje się być wybranie ikony znajdującej się na pasku narzędziowym poleceń. Innym rozwiązaniem może być wpisanie polecenia w linii poleceń, najszybszym - użycie klawisza funkcyjnego przypisanego danej funkcji bądź poleceniu. Znajomość wewnętrznego języka poleceń nie jest konieczna do pracy z programem, jednak daje ona dodatkowe możliwości. Każde polecenie może być wprowadzane w formie tekstowej (za pomocą linii poleceń) lub może być wczytane z pliku.

## Rozdział 2: Pierwsze spojrzenie na program

### 2.1 Panel Sterowania (Control Panel)

Po uruchomieniu programu EAGLE, pierwsze co pojawi się na ekranie, to Panel Sterowania (Rys. 2). Okno to umożliwia ładowanie i zapisywanie projektów oraz ustawianie różnych parametrów programu, tak by dalsza praca z nim była prosta i wygodna.



Rys. 2

Po lewej stronie okna znajduje się drzewo katalogów. Aby rozwinąć jeden z nich, wystarczy dwukrotnie kliknąć lewym przyciskiem myszy na interesującej nas gałęzi lub kliknąć raz na znajdujący się obok niej symbol plusa (+). Aby ponownie zamknąć wyświetloną zawartość gałęzi należy kliknąć w umieszczony obok niej symbol minusa (-).

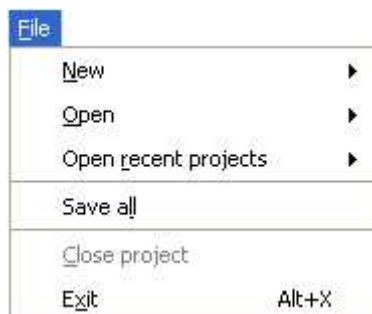
Prawa strona to okno informacji. Zaznaczając dowolny element drzewa (poprzez pojedyncze kliknięcie lewym przyciskiem myszy) zostanie on podświetlony na kolor niebieski, natomiast w oknie po prawej stronie zostaną wyświetlone szczegółowe informacje

na jego temat. Na dolnym pasku natomiast, umieszczona zostaje informacja dotycząca ścieżki dostępu zaznaczonego folderu lub pliku.

Klikając prawym przyciskiem myszy na którąś z gałęzi drzewa uruchamiamy menu kontekstowe. Zawiera ono m.in. takie polecenia jak: drukuj, otwórz, zmień nazwę, kopiuj, usuń, itd. Zawartość menu kontekstowego zmienia się w zależności od rodzaju zaznaczonego elementu.

Poniżej paska tytułu znajduje się pasek menu, w którym zawarte są wszystkie dostępne funkcje programu. Ich szczegółowy opis przedstawiają poniższe ilustracje.

### File (Plik)



Rys. 3

**New (Nowy)** – tworzy nowy schemat, płytkę drukowaną, bibliotekę lub cały projekt. Możliwe jest również utworzenie nowego zadania procesora CAM, czy napisanie nowego skryptu

**Open (Otwórz)** – otwiera istniejący już schemat, płytkę drukowaną lub cały projekt. Istnieje również możliwość edytowania istniejącego już zadania procesora CAM, biblioteki, czy skryptu

**Open recent projects (Otwórz ostatnie projekty)** – otwiera ostatnio używane projekty

**Save all (Zapisz wszystko)** – zapisuje wszystkie zmiany

**Close projekt (Zamknij projekt)** – zamyka aktualnie używany projekt

**Exit (Wyjście)** – zamyka okno i wychodzi z programu

## View (Widok)



Rys. 4

### Refresh (Odśwież)

**Sort (Sortuj)** – sortuje według nazwy lub według typu

## Options (Opcje)



Rys. 5

**Directories (Katalogi)** – zawiera informacje na temat katalogów, w których umieszczone są biblioteki, skrypty, itd.

**Backup (Kopia zapasowa)** – zawiera ustawienia dotyczące kopii zapasowej, m.in. częstotliwość automatycznego zapisu lub włączanie/wyłączanie funkcji

**User interface (Interfejs użytkownika)** – zawiera ustawienia dotyczące interfejsu użytkownika, m.in. kolory tła, rozmiary kursora, włączanie/wyłączanie poszczególnych pasków narzędzi

**Window (Okno)** - przełącza pomiędzy otwartymi oknami programu



Rys. 6

## Help (Pomoc)



Rys. 7

**General (Ogólna)** – otwiera ogólną pomoc programu EAGLE

**Contents (Zwartość)** – otwiera listę tematów pomocy

**Context (Kontekst)** – otwiera pomoc dotyczącą menu kontekstowego

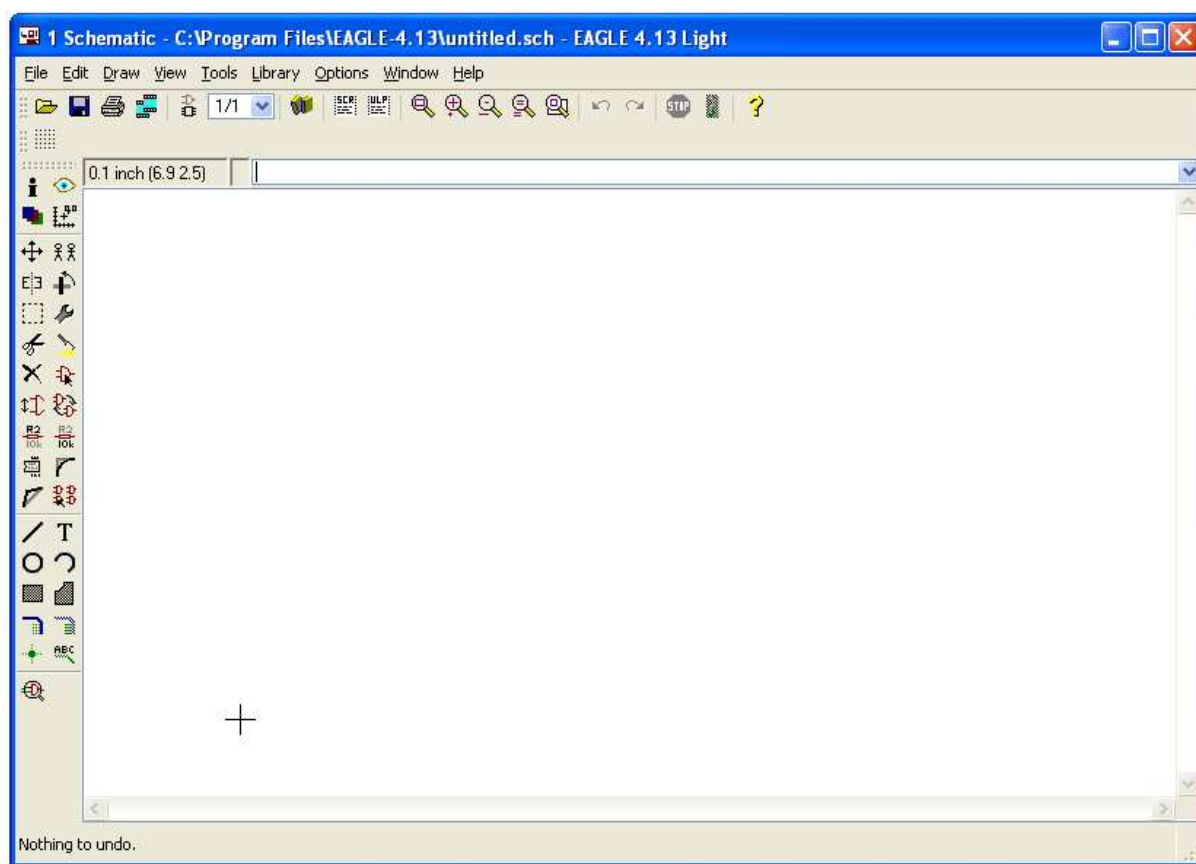
**Control Panel (Panel Sterowania)** – otwiera pomoc dotyczącą Panelu Sterowania

**Product registration (Rejestracja produktu)** – umożliwia zarejestrowanie programu

**Produkt information (Informacja o produkcie)** – wyświetla informację dotyczące programu EAGLE

## 2.2 Edytor schematów ideowych (Schematic Module)

Jedną z podstawowych funkcji programu EAGLE jest możliwość rysowania schematów ideowych. Dodatkową zaletą jest fakt, iż schematy te mogą być później bez problemu przeniesione do edytora płytek drukowanych. Dzięki temu projektowanie obwodów za pomocą programu EAGLE staje się proste i przyjemne. Do dyspozycji mamy również bogatą bibliotekę elementów elektronicznych. W zależności od indywidualnych potrzeb możemy ją dowolnie edytować tak, aby praca z programem stała się jeszcze łatwiejsza. Poniższy zrzut ekranu przedstawia okno edytora schematów ideowych (Rys. 8). Aby go uruchomić klikamy kolejno *File/New/Schematic* w Panelu Sterowania.



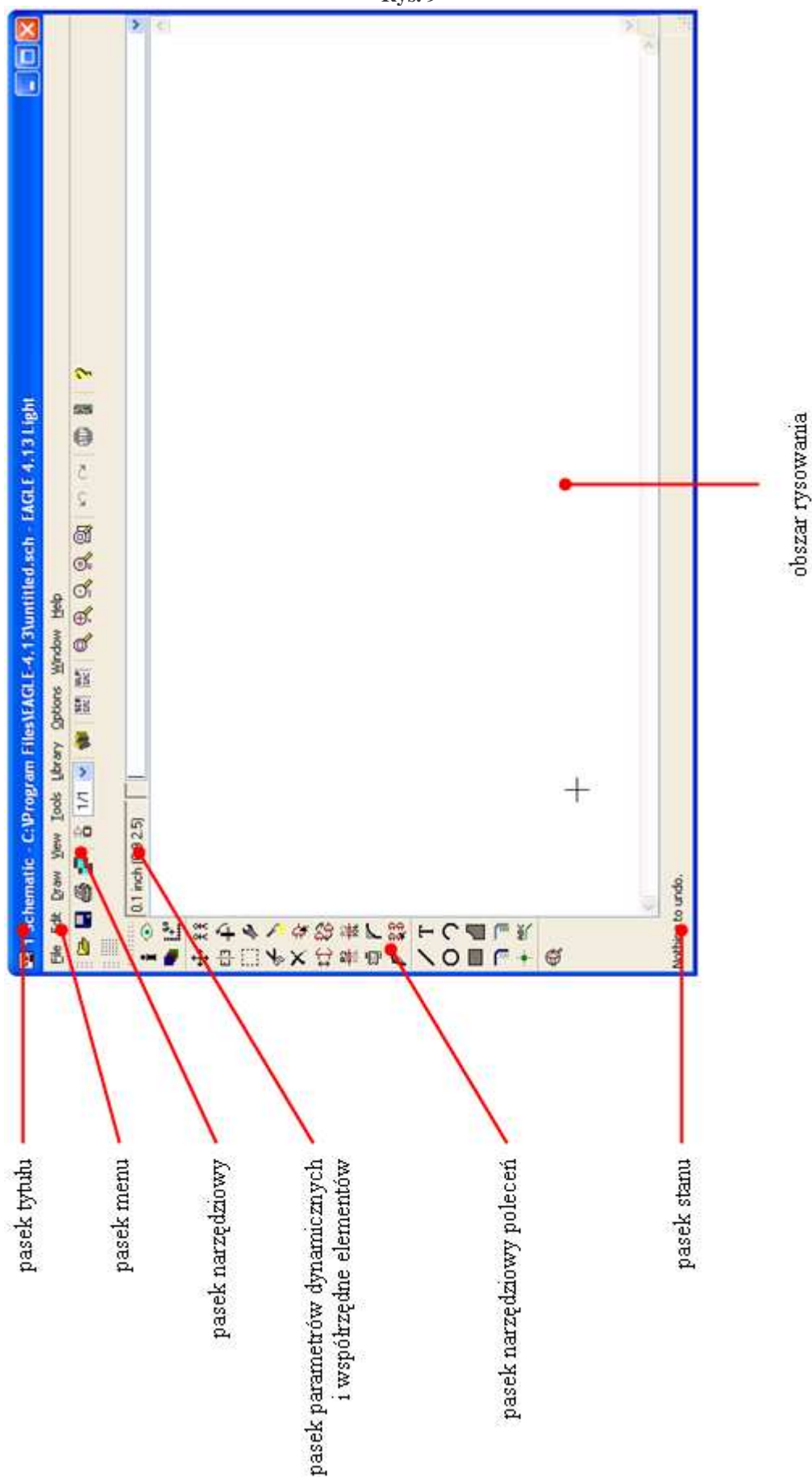
Rys. 8

**W oknie (odpowiednio od góry) znajdują się:**

- pasek tytułu (title)
- pasek menu (menu bar)
- pasek narzędziowy (action toolbar)
- pasek parametrów dynamicznych i współrzędne elementów (dynamic parametr toolbar)
- pasek stanu

Z lewej strony okna znajduje się dodatkowo pasek narzędziowy poleceń. Na tym pasku umieszczone są skróty do najważniejszych poleceń zawartych w menu Edycja (Edit), Rysuj (Draw), Widok (View) i Narzędzia (Tools). Szczegółowe rozmieszczenie elementów okna edytora schematów przedstawia poniższy zrzut ekranu (Rys. 9).

Rys. 9



## Pasek menu



Rys. 10

W pasku menu znajdują się odpowiednio:

### **File (Plik) – zawiera polecenia dotyczące pliku**

New (Nowy)  
Open (Otwórz)  
Open recent (Otwórz ostatnio używane)  
Save (Zapisz)  
Save as (Zapisz jako)  
Save all (Zapisz wszystko)  
Print setup (Ustawienia wydruku)  
Print (Drukuj)  
CAM Processor (Procesor CAM)  
Switch to board (Przejdź do płytki)  
Export (Eksportuj)  
Script (Skrypt)  
Run (Uruchom)  
Close (Zamknij)  
Exit (Wyjście)

### **Edit (Edycja) – zawiera polecenia dotyczące edycji**

Undo (Cofnij)  
Redo (Dalej)  
Stop command (Zatrzymaj polecenie)  
Add (Dodaj)  
Change (Zmień)  
Copy (Kopiuj)  
Cut (Wytnij)  
Delete (Usuń)  
Gateswap (Zmiana bramek)

Group (Grupuj)  
Invoke (Przywołuj)  
Mirror (Lustrzane odbicie)  
Miter (Łuk)  
Move (Przesuń)  
Name (Nazwa)  
Paste (Wklej)  
Pinswap (Zmiana pinów)  
Rotate (Obróć)  
Smash (Rozbij)  
Split (Podziel)  
Value (Wartość)  
Net Classes (Klasy sieci)

**Draw (Rysuj) – zawiera polecenia dotyczące rysowania**

Arc (Łuk)  
Bus (Szyna)  
Circle (Koło)  
Junction (Połączenie)  
Label (Etykieta)  
Net (Sieć)  
Poligon (Wielokąt)  
Rect (Prostokąt)  
Text (Tekst)  
Wire (Obwód)

**View (Widok) – zawiera polecenia dotyczące widoku**

Grid (Siatka)  
Display/hide layers (Wyświetl/ukryj poziomy)  
Mark (Zaznaczenie)  
Show (Pokaż)  
Info (Informacja)  
Redraw (Przerysuj)  
Zoom to fit (Dopasuj rozmiar do strony)

Zoom in (Powiększ)

Zoom out (Zmniejsz)

Zoom select (Powiększa wybrany obszar)

### **Tools (Narzędzia) – zawiera polecenia dotyczące narzędzi**

ERC (sprawdzanie poprawności połączeń elektrycznych)

DRC (sprawdzanie poprawności zasad projektowania)

Errors (Błędy)

### **Library (Biblioteka) – zawiera polecenia dotyczące biblioteki**

Use (Użyj)

Open (Otwórz)

Update (Uaktualnij)

Update all (Uaktualnij wszystko)

### **Options (Opcje) – zawiera polecenia dotyczące opcji programu**

Assign (Przydziel)

Set (Ustawienia)

User interface (Interfejs użytkownika)

### **Window (Okno) – przełącza pomiędzy oknami programu**

### **Help (Pomoc) – zawiera pomoc programu**

General (Ogólna)

Contents (Zawartość)

Context (Menu kontekstowe)

Schematic Editor (Edytor Schematów)

## Pasek narzędziowy poleceń (Schematic Editor)

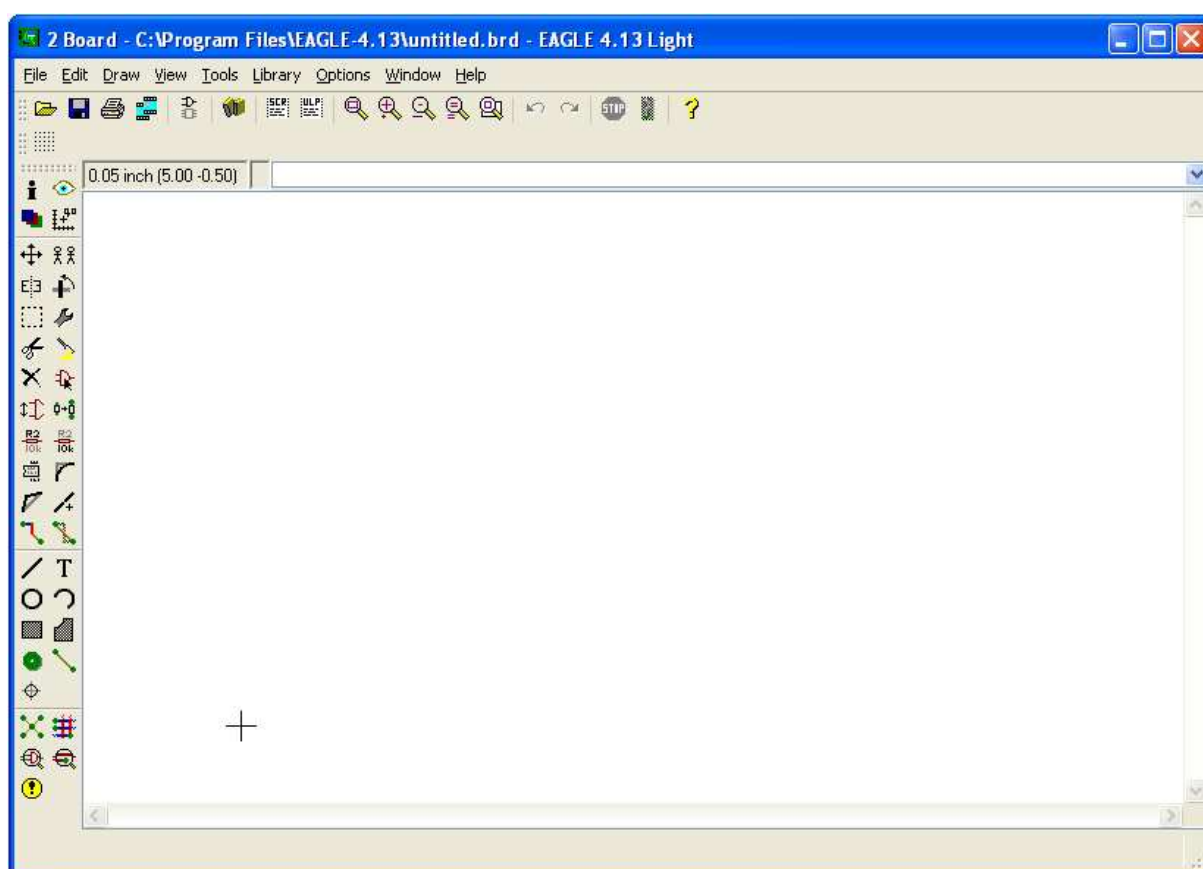
Informacja (Info)		Wyświetlanie (Show)
Wyświetlenie (Display)		Zaznaczenie (Mark)
Przesunięcie (Move)		Kopiowanie (Copy)
Odbicie lustrzane (Mirror)		Obrót (Rotate)
Grupowanie (Group)		Zmiana (Change)
Wycinanie (Cut)		Wklejenie (Paste)
Usuwanie (Delete)		Dodanie (Add)
Zmiana pinów (Pinswap)		Wymiana bramek (Gateswap)
Nazwa (Name)		Wartość (Value)
Rozbicie (Smash)		Łuk (Miter)
Podział (Split)		Przywołanie (Invoke)
Obwód (Wire)		Tekst (Text)
Koło (Circle)		Łuk (Arc)
Prostokąt (Rectangle)		Wielokąt (Polygon)
Szyna (Bus)		Sieć (Net)
Połączenie (Junction)		Etykieta (Label)
ERC (ERC)		



Rys. 11

### 2.3 Edytor płytek drukowanych (Layout Editor)

Utworzone wcześniej w Edytorze schematów ideowych projekty możemy w dowolnym momencie przenieść do Edytora płytek drukowanych. Odbywa się to automatycznie po zastosowaniu polecenia z menu *File/Switch to board*. Istnieje oczywiście również możliwość tworzenia obwodów drukowanych od podstaw. Okno Layout Editor posiada również funkcję automatycznego rozmieszczenia ścieżek na płycie. Aby rozpocząć pracę z Edytorem płytek drukowanych uruchamiamy Panel Sterowania, a następnie klikamy kolejno *File/New/Board*. Poniższy zrzut ekranu przedstawia okno Edytora płytek drukowanych (Rys. 12).



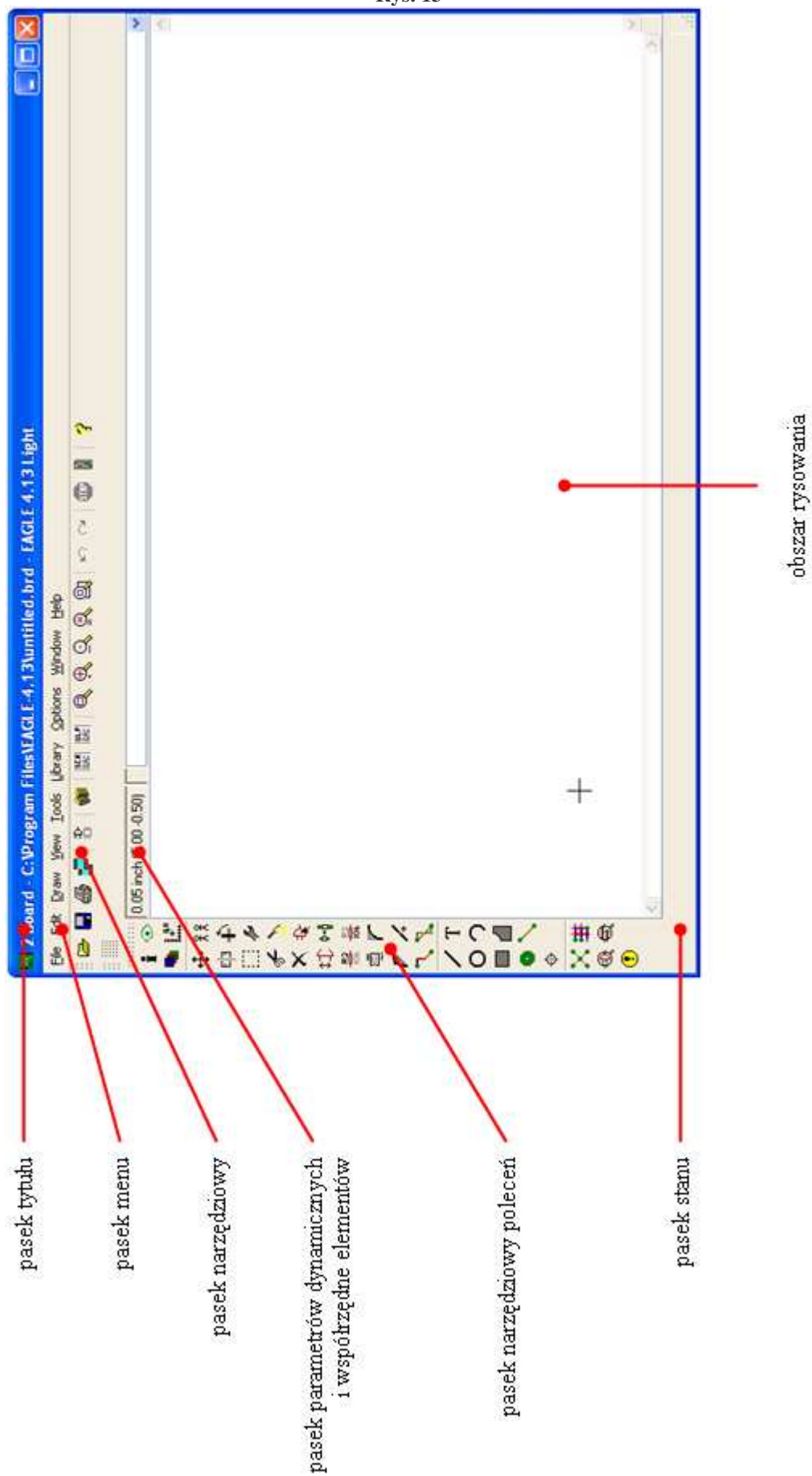
Rys. 12

**W oknie (odpowiednio od góry) znajdują się:**


- pasek tytułu (title)
- pasek menu (menu bar)
- pasek narzędziowy (action toolbar)
- pasek parametrów dynamicznych i współrzędne elementów (dynamic parametr toolbar)
- pasek stanu

Z lewej strony okna (podobnie jak w Schematic Module) znajduje się dodatkowo pasek narzędziowy poleceń.. Szczegółowe rozmieszczenie elementów okna Edytora płytek drukowanych przedstawia poniższy zrzut ekranu (Rys. 13).

Rys. 13



## Pasek menu



File Edit Draw View Tools Library Options Window Help

Rys. 14

W pasku menu znajdują się odpowiednio:

### **File (Plik) – zawiera polecenia dotyczące pliku**

New (Nowy)  
Open (Otwórz)  
Open recent (Otwórz ostatnio używane)  
Save (Zapisz)  
Save as (Zapisz jako)  
Save all (Zapisz wszystko)  
Print setup (Ustawienia wydruku)  
Print (Drukuj)  
CAM Processor (Procesor CAM)  
Switch to schematic (Przejdź do schematu)  
Export (Eksportuj)  
Script (Skrypt)  
Run (Uruchom)  
Close (Zamknij)  
Exit (Wyjście)

### **Edit (Edycja) – zawiera polecenia dotyczące edycji**

Undo (Cofnij)  
Redo (Dalej)  
Stop command (Zatrzymaj polecenie)  
Add (Dodaj)  
Change (Zmień)  
Copy (Kopiuj)  
Cut (Wytnij)  
Delete (Usuń)

Group (Grupuj)  
Mirror (Lutrzane odbicie)  
Miter (Łuk)  
Move (Przesuń)  
Name (Nazwa)  
Optimize (Optymalizacja)  
Paste (Wklej)  
Pinswap (Zmiana pinów)  
Riplace (Wymiana)  
Ripup (Zerwanie)  
Rotate (Obróć)  
Route (Prowadzenie ścieżek)  
Smash (Rozbij)  
Split (Podziel)  
Value (Wartość)  
Design Ruleet (Zasady projektowania)  
Net Classes (Klasy sieci)

**Draw (Rysuj) – zawiera polecenia dotyczące rysowania**

Arc (Łuk)  
Circle (Koło)  
Hole (Otwór)  
Poligon (Wielokąt)  
Rect (Prostokąt)  
Signal (Sygnał)  
Text (Tekst)  
Via (Przelotka)  
Wire (Obwód)

**View (Widok) – zawiera polecenia dotyczące widoku**

Grid (Siatka)  
Display/hide layers (Wyświetl/ukryj poziomy)  
Mark (Zaznaczenie)  
Show (Pokaż)

Info (Informacja)

Redraw (Przerysuj)

Zoom to fit (Dopasuj rozmiar do strony)

Zoom in (Powiększ)

Zoom out (Zmniejsz)

Zoom select (Powiększa wybrany obszar)

### **Tools (Narzędzia) – zawiera polecenia dotyczące narzędzi**

ERC (sprawdzanie poprawności połączeń elektrycznych)

DRC (sprawdzanie poprawności zasad projektowania)

Errors (Błędy)

Auto (automatyczne prowadzenie ścieżek)

Ratsnest (Ratsnest)

### **Library (Biblioteka) – zawiera polecenia dotyczące biblioteki**

Use (Użyj)

Open (Otwórz)

Update (Uaktualnij)

Update all (Uaktualnij wszystko)

### **Options (Opcje) – zawiera polecenia dotyczące opcji programu**

Assign (Przydziel)

Set (Ustawienia)

User interface (Interfejs użytkownika)

### **Window (Okno) – przełącza pomiędzy oknami programu**

### **Help (Pomoc) – zawiera pomoc programu**

General (Ogólna)

Contents (Zawartość)

Context (Menu kontekstowe)

Layout Edytor (Edytor Płytek)

## Pasek narzędziowy poleceń (Layout Editor)

Informacja (Info)		Wyświetlanie (Show)
Wyświetlanie (Display)		Zaznaczenie (Mark)
Przesunięcie (Move)		Kopiowanie (Copy)
Odbicie lustrzane (Mirror)		Obrót (Rotate)
Grupowanie (Group)		Zmiana (Change)
Wycinanie (Cut)		Wklejanie (Paste)
Usuwanie (Delete)		Dodawanie (Add)
Zmiana pinów (Pinswap)		Wymiana (Replace)
Nazwa (Name)		Wartość (Value)
Rozbicie (Smash)		Łuk (Miter)
Podział (Split)		Optymalizacja (Optimize)
Prowadzenie ścieżek (Route)		Zerwanie (Ripup)
Obwód (Wire)		Tekst (Text)
Koło (Circle)		Łuk (Arc)
Prostokąt (Rectangle)		Wielokąt (Polygon)
Przelotka (Via)		Sygnal (Signal)
Otwór (Hole)		Automat. prowadzenie ścieżek (Auto)
Ratsnest (Ratsnest)		DRC (DRC)
ERC (ERC)		
Błędy (Errors)		



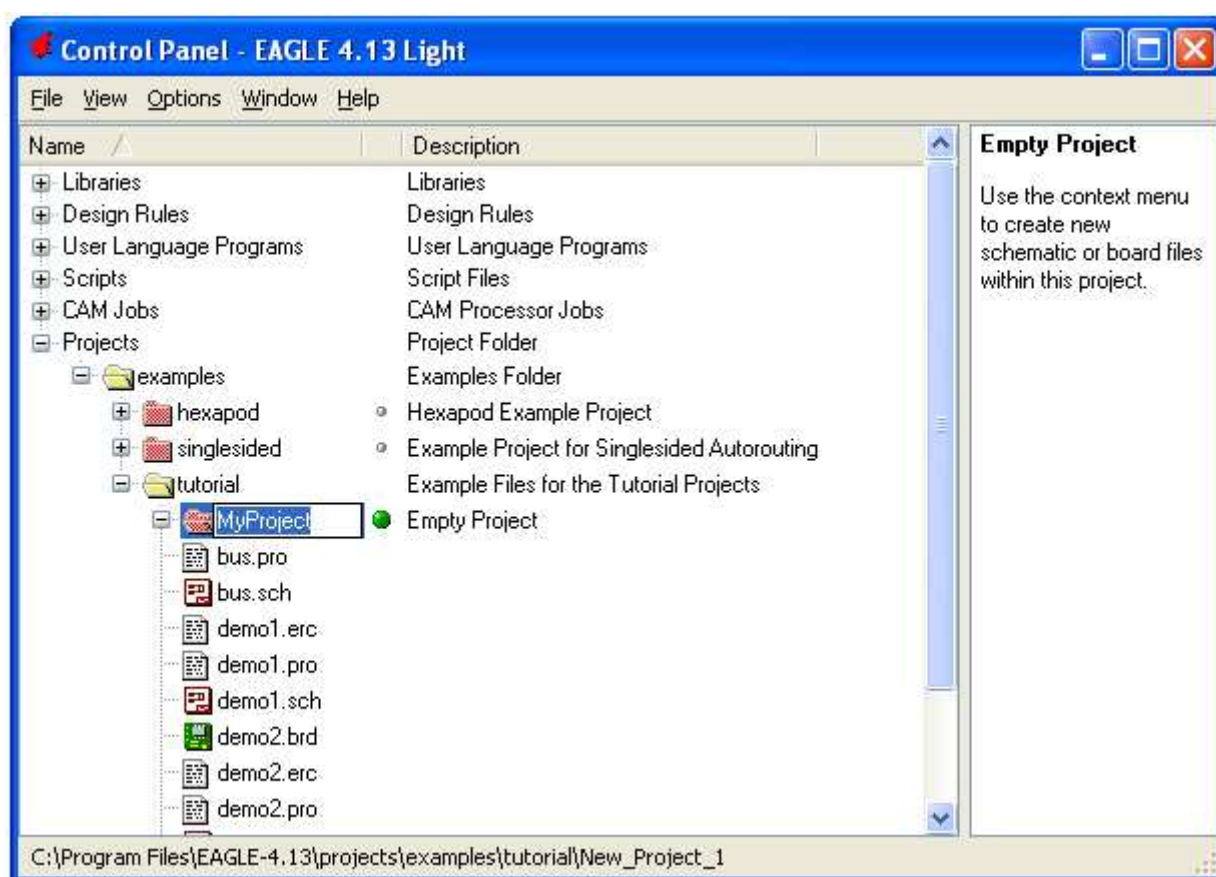
Rys. 15

## Rozdział 3: Rozpoczęcie pracy z programem

### 3.1 Tworzenie projektów

Aby utworzyć nowy projekt, uruchamiamy program EAGLE. Standardowo zostanie otworzone okno Panelu Sterowania. Klikamy lewym przyciskiem myszy na znak „+” znajdujący się obok gałęzi *Projects*, a następnie na ten sam znak przy folderach *examples* i *tutorial*. W ten sposób w oknie zostanie wyświetlona zawartość tego folderu. Klikamy prawym przyciskiem myszy na *tutorial* i z menu kontekstowego wybieramy polecenie *New Project*.

Program utworzył nowy podfolder w gałęzi *tutorial* (Rys. 16). Wpisujemy dla niego dowolną nazwę (domyślnie jest nią najczęściej *MyProject* lub *New\_Project\_1*). Nowo utworzony podfolder będzie zawierał wszystkie pliki danych należące do tego projektu. Istnieje również możliwość zdefiniowania dodatkowych podfolderów.



Rys. 16

Jeżeli nasze projekty będą przechowywane w innym miejscu na dysku twardym niż to, które określone jest domyślnie, to w takiej sytuacji konieczne staje się dokładne

zdefiniowanie ścieżki dostępu do foldera, w którym te projekty będą przechowywane. W tym celu klikamy odpowiednio na menu *Options/Directories*, a następnie zmieniamy ścieżkę dostępu w polu *Projects*.

Aktywny projekt jest zaznaczany w Panelu Sterowania zieloną kropką. Po ponownym uruchomieniu aplikacji ładowane są poprzednie ustawienia. Ostatnio używany projekt oraz zdefiniowane przez użytkownika ustawienia zapisywane są (w wersji na platformę Windows) do pliku *eaglerc.usr* znajdującego się w katalogu *Moje dokumenty*.

Przed rozpoczęciem samodzielnej pracy z programem EAGLE najpierw należy zapoznać się z przykładowymi projektami przygotowanymi przez autorów programu. W tym celu zalecane jest skopiowanie ich do nowo utworzonego przez nas folderu. Aby to uczynić wyświetlamy zawartość folderu *tutorial*. Następnie przytrzymując klawisz CTRL przeciągamy do nowo utworzonego folderu pliki: *demo1.sch*, *demo2.sch* oraz *demo2.brd*. Przytrzymanie klawisza CTRL powoduje, iż pliki te nie są przenoszone, a jedynie kopiowane do innego folderu.

Dwukrotne kliknięcie lewym przyciskiem myszy na którymkolwiek ze skopiowanych plików spowoduje jego otwarcie, a tym samym uruchomienie Edytora schematów ideowych (dla plików z rozszerzeniem \*.sch) bądź Edytora płytek drukowanych (dla plików z rozszerzeniem \*.brd). Jeżeli program zamkniemy za pomocą kombinacji klawiszy ALT+X lub klikając na *File/Exit*, to po jego ponownym uruchomieniu zostaną odtworzone poprzednie ustawienia okien edytora.


### 3.2 Wczytywanie plików EAGLE

Po uruchomieniu programu czekamy, aż zostanie wyświetlony Panel Sterowania. Następnie rozwijamy gałęzie drzewa *Project/examples/tutorial/MyProject*. Zostanie wyświetlona zawartość podfolderu *MyProject*. Klikamy dwukrotnie na pliku *demo2.brd*. Innym sposobem jest również wybranie odpowiednio *File/Open/Board*. W obu przypadkach wraz z plikiem *demo2.brd* (płytką drukowaną) zostanie równocześnie otwarty plik *demo2.sch* (schemat elektryczny).

### 3.3 Wybieranie warstw do wyświetlania

Rysowane w programie EAGLE projekty mogą zawierać elementy rozmieszczone na różnych warstwach. Aby uzyskać pełny rezultat niektóre warstwy są łączone razem. Na przykład kombinacja warstw *Top*, *Pad* i *Via* jest używana do generowania kliszy dla strony

druku. W rezultacie kombinacja warstw *Bottom*, *Pad* i *Via* jest używana do generowania kliszy dla strony lutowania. Warstwa *Pad* zawiera otwory dla połączeń komponentów oraz przelotki potrzebne, gdy ścieżka sygnałowa przechodzi na inną warstwę.

Otwieramy plik *demo2.brd* używając do tego poleceń z menu *File/Open/Board*. Następnie wybieramy ikonę DISPLAY  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Zaznaczone warstwy zostaną wyświetlone. Klikając na numer warstwy możemy powodować jej naprzemienne włączanie lub wyłączanie. Przyciski *All* i *None* włączają lub wyłączają wszystkie ścieżki. Zaznaczając/odznaczając warstwę *21 tPlace* warstwy *23 tOrigins*, *25 tNames*, *27 tValues*, *51 tDocu* zostają również zaznaczone/odznaczone. To samo dotyczy warstwy *22 bPlace*.


**Bardzo ważne: Komponenty w warstwie 1 Top mogą być tylko przenoszone lub zaznaczane na rysunku, jeżeli warstwa 23 tOrigins jest włączona. To samo dotyczy komponentów na warstwie 16 Bottom i 24 bOrigins.**

Aby wybrać pewną warstwę w menu *Display* należy kliknąć lewym przyciskiem myszy na nazwie tej warstwy. Następnie możemy użyć przycisku *Change*, aby zmodyfikować takie wartości jak: nazwa, kolor i styl wypełnienia.

Aby dowiedzieć się więcej na temat komendy DISPLAY należy skorzystać z pomocy programu. W tym celu należy kliknąć odpowiednio menu *Help/General*. Następnie klikamy na *Indeks* i wpisujemy: DISPLAY. Tak samo postępujemy w przypadku każdej innej komendy lub funkcji programu.

### 3.4 Ustawienia siatki i jednostki

Schematy powinny być zawsze rysowane w siatce 0,1 cala (2,54 mm). Wymagają tego biblioteki, które definiowane są dla takich właśnie ustawień. Siatka dla projektów płytek jest z góry definiowana przez użyte komponenty i złożoność płytki.

Siatka i jednostka ustawiane są za pomocą polecenia GRID. Aby je wywołać należy kliknąć na ikonę  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń lub wpisać polecenie *Grid* w linii poleceń. Wszystkie wartości są podawane w aktualnie wybranej jednostce. Szczegółowe informacje na temat polecenia GRID znajdują się w pomocy programu.

Dla wszystkich ustawień okna *Design Rules (Edit/Design Rules...)* można używać wartości wyrażonych w milsach lub milimetrach (1mil = 1/1000 cala). Jednostką domyślną jest mil. Jeżeli użytkownik preferuje pracę w milimetrach należy po prostu dodać do wartości miano jednostki (na przykład 0,2 mm). Najczęściej używane wartości przedstawia poniższa tabela (Tab. 3).

**Tab. 3**

<b>cal</b>	<b>mil</b>	<b>milimetr</b>
0,008	8	0,2032
0,010	10	0,2540
0,012	12	0,3048
0,016	16	0,4064
0,024	24	0,6096
0,032	32	0,8128
0,040	40	1,0160
0,050	50	1,2700
0,100	100	2,5400


Okno dialogowe GRID pozwala ustawić alternatywną siatkę, która może być aktywowana przez naciśnięcie klawisza ALT w oknie edytora.

## Rozdział 4: Obwody, koła, łuki, prostokąty i tekst

Obwody, koła, łuki, prostokąty oraz tekst tworzone są za pomocą poleceń: WIRE, CIRCLE, ARC, RECTANGLE oraz TEXT. Z jednej strony obiekty te służą jako czyste rysunki dla symboli, obudów i ramek. Z drugiej strony mogą one pełnić specjalne funkcje, takie jak definiowanie zabronionych obszarów.

Na początek należy utworzyć nowy schemat. W tym celu zamykamy wszystkie okna i w Panelu Sterowania wybieramy odpowiednio *File/New/Schematic*. W ten sposób został utworzony nowy plik schematu o nazwie *untitled.sch*. Normalnie nigdy nie powinno się zapisywać pliku pod nazwą *untitled*, dlatego wybieramy odpowiednio *File/Save as*, aby zapisać plik pod inną nazwą. Następnie powiększamy okno edytora.

### 4.1 Polecenie WIRE

Polecenia WIRE używa się do rysowania linii. Aby narysować linię należy wybierać ikonę WIRE  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Wszystkie parametry dotyczące tego polecenia możemy ustawić na pasku parametrów. Następnie zaznaczamy w polu wyboru warstwy warstwę *94 Symbols*. Na tej warstwie możliwe jest rysowanie prostokątów.



Rys. 17

### 4.2 Parametry polecenia WIRE

Określamy punkt startowy klikając lewym przyciskiem myszy. Następnie przesuwamy kursor w górę i w prawo i klikamy kilka razy prawym przyciskiem myszy. Tym sposobem zostanie narysowana linia z zagięciami. Oprócz linii ukośnych i prostopadłych znajdziemy również łuki 90-stopniowe i łuki dowolnie definiowane.

W Edytorze schematów łuki mogą być wybierane tylko za pomocą paska parametrów. Nie ma możliwości wybierania rodzaju łuku za pomocą prawego przycisku myszy.

Trzymając klawisz CTRL możemy przełączać pomiędzy obwodami. Aby ustalić położenie połączenia wyświetlanego w kwadracie, wciskamy lewy przycisk myszy. Przesuwamy kursor do punktu początkowego i klikamy dwukrotnie lewym przyciskiem

myszy, aby poprowadzić linię. Powinniśmy zobaczyć prostokątną obwolutę. Klikając prawym przyciskiem myszy możemy utworzyć kąt pomiędzy segmentami obwodu. Jest to bardziej efektywne niż używanie symboli znajdujących się na pasku parametrów.


**Uwaga: Nie należy używać polecenia WIRE do rysowania sieci i szyn na schemacie. Do tego celu służą polecenia NET oraz BUS.**

W edytorze płytek drukowanych:

Jeśli linie (polecenie WIRE) są umieszczone na warstwach: *Top*, *Bottom* lub *Route2...15* program EAGLE potraktuje je jako elektrycznie połączone ścieżki. Linie rysowane za pomocą polecenia WIRE służą do rysowania krawędzi płytek.

#### 4.3 Zmiana szerokości linii

Tak długo jak aktywne jest polecenie WIRE, możemy wybrać szerokość linii posługując się polem *combo box* na pasku parametrów lub oddzielając każdy segment wprowadzić odpowiednią wartość.

Aby zmienić szerokość linii istniejącego obiektu wybieramy ikonę CHANGE  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Obok ikony zostanie wyświetlone menu. Klikamy na WIDTH. Zostanie wyświetlone kolejne menu, które ukaże gdzie zaznaczona jest aktualna wartość. Wybieramy pożądaną wartość klikając lewym przyciskiem myszy, a następnie klikamy na obiekcie, który chcemy zmienić.

Aby zmienić szerokość linii na wartość, która nie jest wyświetlona w menu polecenia CHANGE, klikamy pole ... i wprowadzamy wartość w oknie *Change Width*. W alternatywie pozostaje również użycie linii poleceń do wprowadzenia wartości, na przykład:

***CHANGE WIDTH 0.017***



Po wpisaniu polecenia naciskamy klawisz ENTER (tak samo postępujemy w przypadku innych poleceń wpisywanych w linii poleceń). Następnie klikamy odpowiedni fragment obwodu lub rozpoczynamy rysowanie nowego obwodu.

Aby zmienić styl linii klikamy lewym przyciskiem myszy na CHANGE, a następnie *Style*. Wybieramy styl i klikamy na obwód, który chcemy zmienić.


#### 4.4 Zmiana obiektu na inną warstwę

Aby przenieść obiekt (na przykład fragment obwodu) na inną warstwę klikamy lewym przyciskiem myszy na CHANGE, a następnie na *Layer...* . Wybieramy docelową warstwę, na przykład *94 Symbols* poprzez kliknięcie lewym przyciskiem myszy. Następnie klikamy na *OK* i poprzez kliknięcie wybieramy obiekt. Niektóre obiekty, takie jak szyny lub sieci, nie mogą być przenoszone na inną warstwę, ponieważ posiadają szczególne znaczenie.

#### 4.5 Funkcja UNDO/REDO

Jedną z bardziej użytecznych cech programu EAGLE jest nieograniczona funkcja UNDO. Możemy jej używać dowolną ilość razy. Ile razy klikniemy na ikonę UNDO  tyle razy zostanie cofnięte wykonane wcześniej zadanie. Aby ponowić zadanie cofnięte przez funkcję UNDO należy kliknąć ikonę REDO  . Funkcja REDO jest również nieograniczona.

#### 4.6 Polecenie CIRCLE

Aby uaktywnić polecenie CIRCLE, które służy do rysowania okręgów, klikamy lewym przyciskiem myszy na ikonie CIRCLE  . Program EAGLE wymaga dwóch kliknięć myszy do narysowania okręgu. Pierwsze kliknięcie ustala środek okręgu, drugie natomiast definiuje jego promień.

Umieszczamy kursor w dowolnym punkcie rastra i klikamy lewym przyciskiem myszy. Przeciągamy kursor o kilka punktów rastra w prawo. Gdy rysowany okrąg ma już odpowiednią średnicę, klikamy lewym przyciskiem myszy, aby zaakceptować rozmiar okręgu i jednocześnie zakończyć wykonywanie polecenia. Rozmiar linii okręgu może być zmieniany w taki sam sposób, jaki opisywany był wcześniej dla obwodów. Okrąg narysowany linią o średnicy 0 będzie wypełniony.

Istnieje również możliwość rysowania okręgu za pomocą wartości współrzędnych. Poniższy przykład pokazuje jak wykonać okrąg o współrzędnych  $x=10$ ,  $y=25$  oraz o promieniu 15 mm.

Na początek należy ustawić jednostkę rastra na milimetry. W tym celu w linii poleceń wpisujemy:

**GRID MM**

Następnie wpisujemy:

***CIRCLE (10 25) (10 40)***

lub


***CIRCLE (10 25) (10 10)***

Druga para współrzędnych opisuje dowolną lokalizację obwodu. Możliwe jest więc opisanie jednego okręgu przy pomocy kilku wartości. Aby dowiedzieć się więcej na temat polecenia CIRCLE naciskamy klawisz F1 (polecenie CIRCLE musi być aktywne) lub wpisujemy w linii poleceń:

### **HELP CIRCLE**

Aby zakończyć działanie polecenia klikamy na ikonę CANCEL oznaczoną znakiem STOP lub aktywujemy inną funkcję. Naciśnięcie klawisza ESC powoduje odłączenie obiektów od kursora.


#### **4.7 Polecenie ARC**

Aby uaktywnić polecenie ARC, które służy do rysowania łuków, wybieramy ikonę ARC  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Łuk definiowany jest za pomocą trzech kliknięć myszy: pierwsze definiuje łuk startowy, drugie – średnicę, a trzecie określa końcowy punkt.

Umieszczamy kursor w pożądanym punkcie startowym i klikamy lewym przyciskiem myszy. Następnie przesuwamy kursor kilka jednostek rastra w prawo pozostawiając tą samą współrzędną Y. Wyświetlony okrąg wskazuje średnicę łuku. Klikamy lewym przyciskiem myszy. W tym momencie okrąg stanie się łukiem. Klikając prawym przyciskiem myszy możemy również określić kierunek łuku. Za pomocą myszy możemy również zwiększać lub zmniejszać rozmiar łuku. Po ustaleniu pożądanego kształtu klikamy lewym przyciskiem myszy, aby zatwierdzić łuk. Parametry *flat* i *round* określają kształt zakończenia łuku. Więcej informacji na temat polecenia ARC znajdziemy w pomocy programu.

Wszystko to może być również wykonane z pomocą funkcji WIRE.

#### 4.8 Polecenie RECT

Polecenie RECT służy do rysowania prostokątów wypełnionych wewnątrz. Aby uaktywnić polecenie wybieramy ikonę RECT  znajdującą się na pasku narzędzi poleceń. Aby narysować prostokąt potrzebne są dwa kliknięcia myszą: pierwsze określa pierwszy wierzchołek prostokąta, drugie – wierzchołek leżący naprzeciwko.

Umieszczamy kursor w miejscu gdzie chcemy umieścić pierwszy wierzchołek, a następnie klikamy lewy przycisk myszy. Przesuwamy kursor w prawo i do góry. Kiedy prostokąt osiągnie pożądany kształt i rozmiar klikamy ponownie, aby go zatwierdzić. Prostokąt jest wypełniony warstwą, na której się znajduje. Więcej informacji na temat polecenia RECT znajdziemy w pomocy programu.

#### 4.9 Polecenie TEXT

Polecenie TEXT służy do umieszczania tekstów w projekcie. Aby je uaktywnić z paska narzędzi poleceń wybieramy ikonę **T** . Wprowadzamy pożądany tekst i klikamy na OK. Następnie umieszczamy tekst klikając lewym przyciskiem myszy na miejscu, w którym chcemy go usytuować. Kopia tego tekstu jest przymocowana do kursora. Aby zakończyć umieszczanie tekstu uruchamiamy kolejne polecenie lub klikamy na ikonę ze znakiem STOP. Aby umieścić inny tekst wprowadzamy go i potwierdzamy klawiszem ENTER. Tekst zostanie wyświetlony w linii poleceń.

Teksty zawierające spację lub średniki powinny być ograniczone pojedynczymi cudzysłowami, na przykład:

***‘This is a text’***

Aby zmienić rodzaj czcionki klikamy na ikonę CHANGE, a następnie z rozwiniętego menu wybieramy *Font*. Program EAGLE obsługuje czcionki: wektorowe, proporcjonalne oraz czcionki o ustalonej szerokości. Aby zmienić rozmiar czcionki klikamy na ikonę CHANGE, a następnie wybieramy *Size*. Z rozwiniętego menu wybieramy wartość lub wpisujemy ją w linii poleceń (wpisaną wartość zatwierdzamy klawiszem ENTER) i klikamy lewy dolny narożnik tekstu. W tekstach odwróconych punkt początkowy może być

przesunięty do prawego rogu. Teksty na schematach są zawsze umieszczone tak, że możliwe jest ich czytanie od przodu lub od prawej strony. Edytor płytek drukowanych umożliwia wyświetlanie napisów w dowolnym miejscu. Do umieszczania napisów we wszystkich kierunkach służy flaga *Spin*. Jest ona umieszczona w linii poleceń podczas korzystania z poleceń: TEXT, MOVE lub ROTATE.

Aby zmienić napis klikamy na CHANGE, a następnie *Text*. W dalszej kolejności klikamy na punkt początkowy tekstu. Edytujemy tekst i klikamy na *OK*. Istnieje również możliwość zmiany szerokości linii w tekście względem wysokości czcionki wektorowej. W tym celu klikamy na CHANGE, a następnie *Ratio*. Szczegółowe informacje na temat poleceń TEXT i CHANGE znajdują się w pomocy programu.

#### 4.10 Zmienne tekstowe

Jeżeli umieścisz tekst


**>SHEET**

ten ciąg znaków będzie zastępowany przez numer bieżącego arkusza, na przykład *I/I* (arkusz 1, wszystkich arkuszy 1). Program EAGLE oferuje numery podobnych zmiennych, na przykład data/czas, które informują o ostatnich zmianach w pliku (>LAST\_DATE\_TIME) lub wykonanym wydruku (>PLOT\_DATE\_TIME). Biblioteki są definiowane ze zmiennymi tekstowymi dla nazwy (>NAME) oraz wartości (>VALUE) elementu. Dla symboli natomiast, możemy używać >PART oraz >GATE.

## Rozdział 5: **Używanie bibliotek**

Program EAGLE rozpowszechniany jest z mnóstwem bibliotek zawierających zarówno przelotki jak i elementy montowane powierzchniowo. Drzewo widoczne w Panelu Sterowania programu EAGLE oferuje podgląd szczegółowych informacji na temat zawartości bibliotek. Aby nauczyć się korzystania z bibliotek programu najpierw należy utworzyć nowy schemat z czystym obszarem rysowania. W tym celu wybieramy odpowiednio *File/New/Schematic*.

### 5.1 Polecenie ADD

Aby wybrać element z biblioteki wybieramy ikonę ADD  znajdującą się na pasku narzędzi poleceń. Zostanie wyświetlone nowe okno. Z lewej strony znajduje się lista dostępnych bibliotek. Wejście do każdej z bibliotek możliwe jest poprzez kliknięcie w znak (+). W tym momencie zostaną wyświetlone wszystkie jej elementy. Klikając na dowolnym elemencie, z prawej strony zostaną wyświetlone szczegółowe informacje na jego temat (rozmiar, rodzaj obudowy, itd.). Teraz w polu *Search* możemy wprowadzić jeden lub więcej parametrów wyszukiwania. Możemy wpisać nazwę poszukiwanego elementu lub dowolne słowo znajdujące się w jego opisie. Dozwolone jest używanie znaków zastępczych takich jak „\*” czy „?”. Jeżeli po uruchomieniu polecenia ADD nie widać bibliotek, oznacza to, iż nie zostały one załadowane.

Jeśli chcemy, na przykład, umieścić element *74LS00* w polu wyszukiwarki wpisujemy:

**74\*00**

lub

**74LS00**


\* jest znakiem zastępczym określającym technologię i/lub wariant obudowy. Rezultatem szukania jest wykaz elementów wykonanych w różnych technologiach i różnych obudowach. Zaznaczamy pożądaną element i klikamy na *OK*. Teraz możemy umieścić element na

schemacie. Przesuwamy kursor w lewą stronę ekranu i klikamy lewym przyciskiem myszy. Przesuwamy kursor w prawo i umieszczamy kolejny element. W ten sposób umieszczamy cztery bramki na środku obszaru rysowania. Następnie umieszczamy w pobliżu piątą bramkę. Program EAGLE nazwał cztery pierwsze bramki IC1A...IC1D. Bramka piąta została natomiast nazwana IC2A. Jest tak dlatego, iż piąta bramka wymaga drugiego układu scalonego. Jeśli spojrzymy na warstwę *93 Pins* lub w linii poleceń wpiszemy:

### **DISPLAY PINS**

parametry pinów zostaną wyświetlone na zielono.

Powiększamy rysunek. Bramki zostały wyświetlone w większej skali. Można zauważyć, że piny zostały oznaczone jako Input (In) lub Output (Out) oraz to, że liczba wyświetlana jest w Swaplevel. Swaplevel większy niż 0 informuje, że pin może być zamieniony z innym pinem takiego samego elementu, który ma przydzielony ten sam Swaplevel (Patrz polecenie PINSWAP). Na przykład pin z swaplevel 1 może być zamieniony z innym pinem, który posiada swaplevel 1. Swaplevel 0 oznacza, że pin nie może być zmieniony. Tak długo, jak polecenie ADD będzie aktywne, symbol bramki będzie przypisany do kursora.

Używając ikony Zoom-in  lub klawisza F4 wyświetlamy większą część. Następnie naciskamy klawisz ESC, aby wyświetlić okno polecenia ADD. W polu *Search* wpisujemy poniższy przykład:

**\*555N\***


lub

**\*555\***

Klikając dwukrotnie lewym przyciskiem myszy na LM555N wybieramy element z biblioteki *linear.lbr*. Klikamy dwukrotnie prawym przyciskiem myszy, aby obrócić element o 180°, a następnie klikając lewym przyciskiem myszy umieszczamy element w dowolnym miejscu obszaru rysowania. Powtarzamy to samo z innymi elementami. Możemy również zauważyć, że biblioteki (w zależności od potrzeb) zawierają elementy o symbolice europejskiej oraz amerykańskiej.

Dopóki polecenie ADD będzie aktywne, możemy wrócić do menu polecenia ADD. Aby to uczynić naciskamy klawisz ESC. Dwukrotne naciśnięcie klawisza ESC powoduje anulowanie polecenia.

Inną metodą umieszczania elementów na schemacie jest przeciągnięcie ich z drzewa znajdującego się w Panelu Sterowania do okna Edytora schematów. Układamy okna w taki sposób, aby widzieć je równocześnie. Wybieramy, na przykład, element LN555N z *linear.lbr* w widoku drzewa (gałąź *Libraries*). Używając metody Drag&Drop (przeciągnij i puść), aby przenieść element do Edytora schematów. Jeśli wybierzemy element, który może posiadać więcej niż jeden rodzaj obudowy lub technologii wykonania, to przed umieszczeniem go na schemacie zostaniemy poproszeni o wybranie odpowiedniego wariantu z menu.

*Domyślnie program EAGLE przyjmuje, że wszystkie aktywne elementy są podłączone do tego samego źródła zasilania i tego samego uziemienia. Piny zasilania nie są wyświetlane. Są natomiast automatycznie podłączane do źródła zasilania i uziemienia podczas generowania płytki (jeżeli użytkownik nie dołączy innych sygnałów). Aby umieścić je na schemacie należy użyć polecenia INVOKE  .*

*Większość elementów (zawartych w bibliotekach), które posiadają tylko jeden pin zasilania i uziemienia, są definiowane w ten sposób, że piny sygnałów zasilających są niewidoczne. W niektórych przypadkach (na przykład w przypadku układu 555N, przechowywanego w bibliotece liniowej) piny te powinny być widoczne. W takiej sytuacji należy podłączyć pin zasilania z odpowiednią siecią.*

Pomoc programu EAGLE umożliwia otrzymanie informacji na temat poleceń ADD oraz UPDATE umożliwiających aktualizowanie i dodawanie elementów oraz całych bibliotek.


## 5.2 Polecenie USE

Domyślne ustawienia powodują, że polecenie ADD przeszukuje wszystkie biblioteki zawarte w katalogu bibliotek (wybieramy odpowiednio z menu Panelu Sterowania *Options/Directories/Libraries*). Istnieje możliwość wykluczenia funkcji przeszukiwania. Aby to uczynić, przy gałęzi *Libraries* (w widoku drzewa w Panelu Sterowania) klikamy na zielony znacznik. Kolor zielony oznacza, że biblioteki są aktualnie w użyciu, szary zaś oznacza bibliotekę nieużywaną. To jest dokładnie funkcja USE, którą możemy wywołać za pomocą linii poleceń. Na przykład polecenie:

**USE \***

powoduje, że wszystkie elementy (znajdujące się w ścieżce dostępu do bibliotek) stają się dostępne. Więcej informacji na temat polecenia USE znajdziemy w pomocy programu.

## 5.3 Polecenie INVOKE

Polecenie INVOKE może być użyte do zezwolenia na podłączenie aktywnych elementów do źródła zasilania innego niż VCC i GND. Wybieramy ikonę INVOKE , a następnie klikamy lewym przyciskiem myszy na bramkę IC2A. Zostanie wyświetlone menu. Klikamy dwukrotnie na *PWRN* oraz na pinach zasilania, aby przyłączyć IC2 do kursora. Teraz możemy umieścić go gdziekolwiek, klikając w tym celu lewym przyciskiem myszy i podłączając go do dowolnej sieci. Inną cechą polecenia INVOKE jest możliwość zezwalania na dołączanie sekwencji odnośników użytkownika przed automatycznym dokonaniem tego przez program EAGLE. Jeżeli polecenie INVOKE jest wciąż aktywne klikamy lewym przyciskiem myszy na IC2A. Zostanie wyświetlone menu. Gwiazdka przypisana do bramki A wskazuje na to, że bramka ta jest aktualnie używana. Elementy bez gwiazdek natomiast, można wykorzystać.

Jeśli chcemy, aby IC2C był umieszczony przed IC2B, klikamy dwukrotnie na *C* w wyświetlonym menu. Okno zostanie zamknięte, a IC2C będzie przyłączony do kursora. Klikamy lewym przyciskiem myszy w dowolnym miejscu, aby umieścić element. Pozostałe bramki będą używane przez program EAGLE do momentu dodania kolejnego układu.

Jeśli chcemy umieścić bramki na więcej niż jednym arkuszu, używamy polecenia INVOKE (na nowym arkuszu) i wpisujemy nazwę elementu w linii polecenia. Zostanie wyświetlone menu polecenia INVOKE.

*Możemy umieszczać w obszarze rysowania elementy z dowolnej liczby bibliotek. Elementy są zapisywane w całości razem z plikami schematów lub płytek. Jeżeli element zostanie umieszczony w pliku, nie ma potrzeby przysyłania biblioteki, z której dany element pochodził.*

## Rozdział 6: **Rysowanie schematu**

W rozdziale tym zostały zawarte informacje na temat tego, w jaki sposób sieci oraz szyny używane są podczas rysowania. Zawiera on również inne informacje, które później będą wykorzystywane podczas tworzenia dowolnego schematu. Aby utworzyć pusty dokument, wybieramy odpowiednio *File/New/Schematic* w Panelu Sterowania, a następnie powiększamy okno.

### 6.1 Siatka


*Standardowa siatka dla schematów to 0,1 cala. Elementy powinny być umieszczane w tej siatce, bądź w jej wielokrotności. W przeciwnym wypadku piny mogą nie zostać podłączone.*

Ustawiamy alternatywną siatkę 0,25 cala. Daje to możliwość wyrównywania (na przykład etykiet). Precyzyjna siatka aktywowana jest za pomocą klawisza ALT.

### 6.2 Dodawanie ramki do schematu

Na początku wybieramy ramkę z biblioteki *frames.lbr*, która zawiera predefiniowane ramki w najróżniejszych formatach. Klikamy na ADD i w polu *search* wpisujemy słowo LETTER lub FRAME. Wybieramy dowolną ramkę klikając dwukrotnie na przykład na LETTER\_P. Ramka, która znajduje się w formatce (w układzie portrait) zostanie dołączona do kursora.

Jeśli nie widzimy ramki w całości, wciskamy klawisz F4, aż do momentu w którym na ekranie będzie widoczny cały obraz. Następnie umieszczamy ją klikając lewym przyciskiem myszy w taki sposób, aby lewy róg posiadał współrzędne ( $X=0$ ,  $Y=0$ ). Do kursora została dołączona kolejna ramka. Aby zakończyć działanie polecenia ADD wybieramy ikonę ze znakiem stop lub dwukrotnie wciskamy klawisz ESC.

Aby wyświetlić ramkę w pełnej wielkości, naciskamy kombinację klawiszy ALT+F2 lub wybieramy ikonę Zoom-to-fit  znajdującą się na pasku narzędzi.


### 6.3 Dodawanie i zmiana tekstu

Możliwe jest dodawanie linii, napisów oraz innych obiektów do predefiniowanych ramek i pól tekstowych znajdujących się w bibliotece. Istnieje również możliwość projektowania i zapisywania własnych ramek.

Zmienne tekstowe (na przykład tytuł projektu) mogą być umieszczane bezpośrednio w Edytorze schematów. Ramki są zapisywane w bibliotece jako symbole. Teksty powinny być zapisywane na warstwie *94 Symbols*.

Umieszczamy pole ramki tekstowej w oknie edytora w taki sposób, aby było całkowicie widoczne. Następnie klikamy ikonę polecenia TEXT i wprowadzamy poniższy tekst:

***‘Cadsoft’***

następnie klikamy przycisk OK. Napis zostanie dołączony do kursora. Możemy go umieścić w dowolnym miejscu, klikając w tym celu lewym przyciskiem myszy. Przesuwamy tekst do górnej pustej linii pola tekstowego i umieszczamy go poprzez kliknięcie lewym przyciskiem myszy. Kopia tekstu przyłączona do kursora zniknie w momencie uaktywnienia innego polecenia lub w momencie naciśnięcia ikony CANCEL  .

Jeżeli nie zdefiniujemy rozmiaru tekstu kiedy polecenie TEXT jest aktywne, możemy to uczynić później za pomocą polecenia CHANGE. W tym celu klikamy ikonę CHANGE. Z menu wybieramy *Size*, a następnie *0.15* i klikamy lewym przyciskiem myszy na lewym dolnym rogu napisu. Rozmiar tekstu zostanie zwiększony do 0,15 cala. Jeśli chcemy zwiększyć rozmiar do wartości, której nie ma w menu *Size* (na przykład 0,17 cala), wpisujemy w linii poleceń:

***CHANGE SIZE 0.17***

następnie wciskamy klawisz ENTER i klikamy na dolny lewy róg tekstu.

***Uwaga: Wartości dziesiętne należy oddzielać kropkami ! Bieżące ustawienie siatki determinuje jednostkę !***

Tekstem można dowolnie manipulować dodając adres lub numer dokumentu w polu tekstowym.

TITLE: zawiera nazwę aktualnie używanego pliku (zmienna tekstowa >DRAWING\_NAME)

DATE: zawiera datę ostatnio używanego polecenia (zmienna tekstowa >LAST\_DATE\_TIME)

Zarówno jedno, jak i drugie pole są wypełniane automatycznie razem z datą zapisanego rysunku. Ramki zawarte w bibliotece *frames* są definiowane poprzez odpowiednie zmienne tekstowe.

#### 6.4 Wprowadzanie schematu

Jeżeli nie chcemy w tym momencie pracować z całym schematem, możemy skorzystać ze schematu zawartego w demonstracyjnym pliku *demo1.sch* znajdującego się w katalogu *eagle/examples/tutorial*.


Rozpoczynamy wciskając kombinację klawiszy ALT+F2 lub klikając na ikonę Zoom-to-fit, aby dopasować ramkę rysunku do rozmiaru okna. Elementy schematu przedstawia poniższa tabela (Tab. 4).


Tab. 4


Element	Wartość	Urządzenie	Obudowa	Biblioteka	Arkusze
C1	30p	C-EUC1206	C1206	rcl	1
C2	30p	C-EUC1206	C1206	rcl	1
C3	10n	C-EU025-025X050	C025-025X050	rcl	1
C4	47µ / 25V	CPOL-EUTAP5-45	TAP5-45	rcl	1
C5	47 µ	CPOL-EUTAP5-45	TAP-45	rcl	1
D1	1N4148	1N4148	D035-10	diode	1
IC1	PIC16F84AP	PIC16F84AP	DIL18	microchip	1
IC2	78L05Z	78L05Z	TO92	linear	1
JP1	PROG	PINHD-1X4	1X04	pinhead	1
JP2	APPL	PINHD-1X17	1X17	pinhead	1
Q1		XTAL / S	QS	special	1
R1	2,2k	R-EU_R1206	R1206	rcl	1
F1		DINA4_L		frames	1

Aby umieścić wyżej wymienione elementy, używamy polecenia ADD.

***Zalecane jest, aby nie zmieniać domyślnego rastra, który w Edytorze schematów wynosi 100 mil (około 2,54 mm). Tylko wtedy będziemy pewni, że piny elementów będą podłączone do sieci.***

Możemy naprzemiennie włączać lub wyłączać raster klikając na ikonę GRID  lub po prostu używając klawisza F6. Ułatwia to odnalezienie żądanej części schematu.

Każdy element umieszczony na schemacie możemy przenosić w dowolny sposób. Służy do tego polecenie MOVE. Aby uaktywnić polecenie, wybieramy ikonę MOVE  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Następnie przesuwamy kursor na element, który chcemy przesunąć i klikamy lewy przycisk myszy. Program EAGLE podświetli element, który od tego momentu będzie przyłączony do kursora. Przemieszczamy element w żądane miejsce i klikamy lewy przycisk myszy. Element zostanie umieszczony w miejscu, w którym klikniemy. Jeśli chcemy dodatkowo obrócić element, klikamy prawym przyciskiem myszy.

Do wykonania duplikatu elementów używamy polecenia COPY. Aby je uaktywnić wybieramy ikonę COPY  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Po umieszczeniu elementów na schemacie należy je jeszcze połączyć. Używamy o tego polecenia NET.

***Uwaga: Używamy polecenia NET, nie WIRE !***

## 6.5 Polecenie NET

Sieć jest połączona z pinem tylko wtedy, jeśli pin jest umieszczony w punkcie łączenia pinów. Wyświetlamy warstwę 93 Pins za pomocą polecenia DISPLAY, aby zlokalizować te punkty połączeń. Zostaną one zaznaczone zielonymi kręgami.

Program EAGLE automatycznie nazywa połączenia elektryczne (sieci). W przykładzie *demo1.sch* linie C5 pin +, U1 pin 3(VI) oraz JP2 pin 16 posiadają tę samą nazwę. Piny podłączone są do tej samej sieci.


Kiedy polecenie NET jest aktywne, pasek stanu znajdujący się na dole ekranu wyświetla właściwości zaznaczonej sieci

## 6.6 Polecenie NAME

Program EAGLE automatycznie nadaje nazwy takim elementom jak: szyny (B\$), sieci (N\$) lub piny (P\$). Wybieramy ikonę NAME , a następnie klikamy połączenie sieci



z układem IC1 (pin OSC1). Zostanie wyświetlone menu predefiniowanej nazwy sieci. Wybieramy *OSCI* i klikamy na *OK*. Sieć zmieni nazwę. Nazwy komponentów oraz szyn mogą być zmieniane w ten sam sposób.

### 6.7 Polecenie LABEL

Polecenie LABEL pozwala umieszczać nazwy sieci lub szyn na schemacie w dowolnym miejscu. Wybieramy ikonę LABEL , umieszczamy kursor na sieci MCLR/PGM, a następnie klikamy lewym przyciskiem myszy. Nazwa sieci zostanie przytwierdzona do kursora. W ten sposób będziemy mogli umieścić ją w dowolnym miejscu. Możemy również odwrócić etykietę używając prawego klawisza myszy. Umieszczamy etykietę w pożądanym miejscu i klikamy lewym przyciskiem myszy, aby zatwierdzić jego położenie.

Jeżeli nazwy sieci lub szyn zostaną zmienione, ich etykiety również zostaną zaktualizowane. Tekst etykiety nie może być zmieniany za pomocą polecenia CHANGE TEXT, ale jedynie poprzez polecenie NAME. Polecenia CHANGE FONT oraz CHANGE SIZE umożliwiają zmianę stylu oraz rozmiaru czcionki.


### 6.8 Polecenie DELETE

Polecenie DELETE umożliwia usuwanie dowolnych elementów znajdujących się w obszarze rysowania. Aby użyć tego polecenia wybieramy ikonę DELETE  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Następnie przesuwamy kursor na żądany element i klikamy lewym przyciskiem myszy. Element zostanie usunięty. Przytrzymanie klawisza SHIFT podczas usuwania danego obiektu powoduje usunięcie całej szyny lub sieci. Sporym ułatwieniem może być również polecenie GROUP  . Przy pomocy kombinacji tego polecenia z poleceniem DELETE oraz kliknięcia prawym przyciskiem myszy możemy usuwać całe grupy obiektów. Z poleceniem DELETE działają również funkcje UNDO oraz REDO.


### 6.9 Polecenie JUNCTION

Opuszczanie jednej sieci na drugą powoduje automatyczne generowanie połączenia pomiędzy tymi sieciami. Połączenie to obędzie reprezentowane przez punkt połączenia, które

będzie ustawione automatycznie. Automatyczne ustawienie połączeń może być zmieniane przez opcję *Auto set junction* (menu *Options/Set/Misc*).

W tym wypadku polecenie JUNCTION używane jest do zaznaczania węzłów na przecięciach sieci, które nie są ze sobą połączone. Wybieramy ikonę JUNCTION . Do kursora zostanie przyczepiony węzeł. Umieszczamy węzeł w żądanym miejscu i zatwierdzamy je klikając lewym przyciskiem myszy.

## 6.10 Polecenie SHOW

Polecenie SHOW używane jest do wyświetlania nazw oraz szczegółów elementów i innych obiektów. Gotowe sygnały i sieci mogą być podświetlone jako elementy. Aby wyświetlić, na przykład sieć V+, wybieramy ikonę SHOW , przesuwamy kursor na punkt połączenia U1 pin VI(3) i klikamy lewym przyciskiem myszy. Należy zauważyć, że program EAGLE podświetla sieć wraz z każdym pinem podłączonym do tej sieci oraz nazwy pinów każdej części, która jest do niej podłączona. Dodatkowo sygnał widoczny jest na pasku stanu jako:

***Net: V+, Class: 1 Power***

Przy aktywnym poleceniu SHOW sieci będą podświetlone nawet podczas zmieniania rozmiaru okna. Dokonujemy tego poruszając myszą (wraz z wciśniętym środkowym klawiszem) oraz używając polecenia WINDOW. Aby zakończyć polecenie wybieramy ikonę STOP lub używamy polecenia WINDOW REFRESH (klawisz F2). Od tego momentu obiekty nie będą już podświetlone.

Aby wyświetlić obiekt o konkretnej nazwie, klikamy na ikonę SHOW a następnie wpisujemy nazwę elementu w linii poleceń (na przykład D0) i naciskamy klawisz ENTER. Aby zaznaczyć kolejny obiekt wpisujemy kolejną jego nazwę. W ten sposób możemy zaznaczać jedną sieć po drugiej. Jeśli chcemy natomiast wyświetlić wszystkie sieci na raz, w linii poleceń wpisujemy:

***SHOW RA4***

***SHOW RA3***

***SHOW RA2***

Po każdym z poleceń naciskamy klawisz ENTER.

### 6.11 Polecenie MOVE

Połączenie elektryczne nie będzie wygenerowane, jeżeli używając polecenia MOVE przeniesiemy linię sieci nad pin. Z innej strony: jeśli przesuniemy pin nad inny pin lub linię sieci elektryczne połączenie zostanie wygenerowane i sieć będzie dołączona do pinu, gdy zostanie on przesunięty. Aby odłączyć linie możemy użyć polecenia UNDO.

Polecenia sprawdzamy używając komendy SHOW. Sieć oraz listę pinów możemy dodatkowo eksportować za pomocą polecenia EXPORT.

### 6.12 Historia funkcji

Za pomocą klawiszy STRZAŁKA W GÓRĘ oraz STRZAŁKA W DÓŁ możemy przywoływać ostatnie polecenia wpisywane w linii poleceń. Linię poleceń usuwamy za pomocą klawisza ESC.

Używamy kombinacji klawiszy ALT+F2, aby wyświetlić cały schemat. Następnie wpisujemy:


***SHOW R1***

***SHOW C1***

***SHOW IC1***

Po każdym z poleceń wciskamy klawisz ENTER. Wyłączamy polecenie SHOW klikając na ikonę STOP. Następnie odświeżamy obraz, na przykład poprzez naciśnięcie klawisza F2. Kilukrotne wciskamy klawisz STRZAŁKA W GÓRĘ oraz STRZAŁKA W DÓŁ. W ten sposób możemy przewijać listę ostatnio wydawanych poleceń. Jeżeli ponownie chcemy użyć któregoś z wcześniej wydawanych poleceń, wciskamy klawisz ENTER w momencie pojawienia się go na liście.

## 6.12 Uzupełnianie schematu

Wydajemy polecenie ADD, aby dodać dodatkowe elementy i symbole jak: +5V, V+ i GND z biblioteki *supply.lbr*. Poprawność połączeń elektrycznych sprawdzamy za pomocą polecenia ERC (Electrical Rule Check). W tym celu wybieramy ikonę  .


Pamiętajmy, że zawsze możemy użyć polecenia MOVE, aby przenieść dowolny obiekt lub obrócić element przyłączony do kursora myszy za pomocą prawego klawisza myszy.

Używając polecenia NET łączymy piny komponentów zgodnie ze schematem oraz łączymy symbole zasilania z odpowiednimi pinami. Używając polecenia NET klikamy prawym przyciskiem myszy w celu wyboru prowadzenia linii (prostopadłe lub ukośne). Następnie klikamy lewym przyciskiem myszy, aby zatwierdzić segment.

Jeśli umieścimy sieć dokładnie w punkcie połączeniowym, zostanie ona zakończona właśnie w tym punkcie. W przeciwnym wypadku sieć będzie cały czas przyczepiona do kursora myszy.

## 6.12 Polecenie SMASH

Zauważmy, że jeśli obracamy takie elementy jak rezystory czy diody z położenia poziomego do pionowego, to wraz z elementami obracają się również przypisane do nich napisy. Polecenie SMASH pozwala na wykonywanie poleceń MOVE oraz ROTATE w stosunku do nazw i wartości, nie zależnie od symbolu. Jeśli użyjemy tego polecenia, program EAGLE automatycznie narysuje linię łączącą tekst z odpowiednim elementem, aby wskazać do jakiego obiektu odnosi się dany napis.

Aby aktywować polecenie SMASH, klikamy lewym przyciskiem myszy na ikonę SMASH  . Umieszczamy kursor na symbolu diody i klikamy lewym przyciskiem myszy. Spowoduje to oddzielenie symbolu. Następnie klikamy na ikonie MOVE, przesuwamy kursor na nazwę D1 i klikamy lewym przyciskiem myszy.

Punkt wyboru tekstu jest oznaczony symbolem krzyża. W zależności od tego jak był obracany znajduje się w lewym dolnym lub prawym górnym rogu.


Nazwa została przyłączona do kursora. Może być przesunięta w lepsze miejsce lub obrócona za pomocą prawego klawisza myszy. Jeśli nazwa jest już w żądanym miejscu, klikamy lewym przyciskiem myszy, aby zatwierdzić nowe położenie.

Jeśli chcemy zmienić rozmiar nazwy i wartości, którą odseparowaliśmy od elementu za pomocą polecenia SMASH, używamy polecenia CHANGE SIZE.

Polecenie SMASH może być również użyte w odniesieniu do grup. Gdy klikamy na obiekcie lub na wewnątrz grupy, przytrzymujemy klawisz SHIFT, aby połączyć wszystkie teksty. Pojawiają się one w oryginalnym położeniu.

### 6.13 Polecenie VALUE

Program EAGLE pozwala definiować lub zmieniać wartości elementów takich jak rezystory czy kondensatory. W przypadku układów IC wartość informuje o rodzaju elementu (na przykład 74LS00N).

Wybieramy ikonę VALUE . Następnie klikamy na rezystor, wprowadzamy nową wartość i klikamy OK. Możemy również użyć polecenia NAME, aby zmienić nazwy rezystorów, kondensatorów, układów scalonych, sieci oraz szyn.

### 6.14 Polecenie ERC (Electrical Rule Check)

Polecenie ERC służy do testowania schematu pod względem poprawności elektrycznej w celu wyznaczenia ewentualnych błędów. Ostrzeżenia oraz błędy zapisywane są do pliku, który nosi taką samą nazwę jak rysunek, ale posiada inne rozszerzenie (\*.erc). Plik ten zostaje automatycznie wyświetlony w oknie edytora tekstów jeśli tylko wiadomości dotyczące błędów i ostrzeżeń zostały wygenerowane.

Aby pokazać działanie polecenia ERC, otwieramy plik *demo1.sch*. Następnie wybieramy ikonę ERC . Zostanie wyświetlone okno. Zawiera ono dwa ostrzeżenia:

**WARNING: Sweet 1/1: POWER Pin IC1 VSS connected to GND**


**WARNING: Sweet 1/1: POWER Pin IC1 VDD connected to +5V**

Wiadomości te informują nas, że piny zasilania są podłączone do innych sygnałów niż się spodziewano. Piny zasilania w bibliotekach zostały nazwane VSS oraz VDD, natomiast podłączone są do GND i +5V. Ostrzeżenie to można zignorować, ponieważ takie podłączenie było zamierzone.

**Zauważmy, że polecenie ERC potrafi tylko odkryć możliwe źródła błędów. Poprawna interpretacja wyświetlonych komunikatów należy do użytkownika !**

Więcej informacji na temat polecenia ERC znajdziemy w pomocy programu.

## 6.15 Generowanie płytki drukowanej na podstawie schematu

Po załadowaniu pliku ze schematem wybieramy ikonę BOARD  znajdującą się na pasku narzędzi. Zostanie wygenerowany plik płytki. Wszystkie obudowy elementów wraz z połączeniami zostaną umiejscowione obok płytki. Więcej informacji na temat projektowania płytki znajduje się w dalszej części opisu.

## 6.16 Polecenie BUS

Z katalogu *eagle/examples/tutorial* ładujemy plik *bus.sch*. Zostanie wyświetlony schemat zawierający strukturę szyn. Szyna została narysowana za pomocą polecenia BUS. Została również automatycznie nazwana (B\$1..).

Szyna nie ma logicznego znaczenia. Jest jedynie elementem rysunku. Logiczne połączenia (sieci) są definiowane tylko przy pomocy polecenia NET. Sieci o tych samych nazwach są identyczne nawet wtedy, jeśli znajdują się na innych stronach schematu lub optycznie nie są podłączone.

Nazwa szyny określa zawarte w niej sygnały. W tym przykładzie szyna zawiera sygnały od VALVE0 do VALVE11 i sygnał nazwany EN. Dlatego za pomocą polecenia NAME szyna została nazwana EN,VALVE[011].

W tym przykładzie szyna nie została jeszcze ukończona, ponieważ wciąż jest jeszcze kilka połączeń do narysowania. Łączenie poniższych sygnałów do IC7 rozpoczynamy od zaznaczenie komendy NET. Następnie klikamy na linii szyny:

<i>EN</i>	<i>IC7 Pin 14 EN</i>
<i>VALVE0</i>	<i>IC7 Pin 16 INA</i>
<i>VALVE1</i>	<i>IC7 Pin 15 INB</i>
<i>VALVE2</i>	<i>IC7 Pin 10 INC</i>
<i>VALVE3</i>	<i>IC7 Pin 9 IND</i>

Uruchamiamy polecenie NET i przesuwamy kursor nad szynę, jedną linie rastra wyżej niż pin IC7-14. Przyłączenie sieci do szyny musi być prowadzone od szyny i rysowane w kierunku pinu elementu. Klikamy, aby ustalić punkt startowy sieci. Na ekranie zostanie wyświetlone okno z nazwami dla szyn. Klikamy na *EN*, aby zaznaczyć sieć EN i przesuwamy kursor do IC7-14. Klikamy pin, aby zakończyć prowadzenie linii sieci. Te same czynności powtarzamy dla VALVE0..VALVE3.

Aby stworzyć nazwy sieci, które będą widoczne na schemacie, używamy polecenia LABEL. Używając poleceń UNDO (klawisz F9) lub REDO (klawisz F10) zawsze możemy cofnąć akcję lub przywrócić już cofniętą.

Aby przesuwać pojedyncze segmenty lub szyny używamy polecenia MOVE. Wybieramy punkt przy końcu, aby przesunąć koniec segmentu lub punkt gdzieś na środku, aby przesunąć schemat równolegle. Za pomocą polecenie DELETE możemy również usunąć pojedynczy segment.

*Kursor przyjmuje symbol czterech strzałek w momencie, gdy chcemy wybrać obiekt, który jest bardzo bliski początku innego obiektu. W takim przypadku klikamy lewym przyciskiem myszy, aby zaznaczyć podświetlony obiekt. Klikamy prawym przyciskiem, jeśli chcemy przejść do następnego obiektu. Informacje na temat zaznaczonego obiektu zostaną wyświetlone na pasku stanu.*

## Rozdział 7: **Automatic Forward&Back Annotation**

Projektując płytki powinniśmy zawsze używać funkcji Forward&Back Annotation. Tylko wtedy możemy być pewni, że płytki i schematy będą zgodne ze sobą. Ten mechanizm kontrolny jest aktywowany tylko wtedy, jeżeli ładujemy schemat i płytkę o tej samej nazwie. Program zawsze ładuje obydwie pliki, jeżeli znajdują się one w tym samym katalogu. Zgodność w tym kontekście oznacza, że lista połączeń, elementy oraz wartości są identyczne.

Jeśli ładujemy schemat i płytkę, która ma taką samą nazwę i znajduje się w tym samym katalogu (i na odwrót), EAGLE uruchamia sprawdzanie ich spójności. Jeśli zostaną odkryte różnice, możemy uruchomić ERC. Rezultaty zostaną wyświetlone w oknie edytora tekstu. Umożliwia to ręczne poprawienie niezgodności pomiędzy plikami. Korzystając z tej metody możemy nawet narysować schemat układu na podstawie jego płytki.

Forward&Back Annotation może być przerywany, jeśli tylko jedno okno schematu lub tylko jedno okno płytki zostanie aktywowane. Jakiegokolwiek zmiany mogą spowodować niezgodność w plikach schematu i płytki. Właśnie dlatego zawsze powinniśmy przestrzegać poniższej zasady:

***Kiedy pracujemy z płytką, nigdy nie powinniśmy zamykać okna schematu (i na odwrót).  
Lepszym rozwiązaniem będzie na pewno zminimalizowanie okna.***

Podczas pracy z nadzorem Forward&Back Annotation wszystkie zmiany dokonane w schemacie płytki powodują automatyczne zmiany w samej płytce (i na odwrót). Niektóre zmiany mogą być przeprowadzone tylko na płytce lub na schemacie (na przykład elementy lub sieci). Inne są możliwe tylko na schemacie (na przykład dodawanie elementów). EAGLE zapobiega takim operacjom w edytorze płytek. Proponuje dokonywanie ich w module Schematic Editor.

Aby sprawdzić działanie Forward&Back Annotation otwieramy plik *demo2.sch*. Płytką *demo2.brd* zostanie załadowana automatycznie w oknie Layout Editor. Zmieniamy kilka przykładowych nazw oraz wartości (polecenia NAME oraz VALUE). Możemy zatem zauważyć, że zmiany dokonywane są w obu oknach naraz. Podobny eksperyment można wykonać z innymi poleceniami takimi jak: DELETE, UNDO oraz REDO.

## Rozdział 8: Projektowanie płytki

W rozdziale tym zawarte są informacje dotyczące projektowania płytek drukowanych oraz modyfikowania już istniejących projektów wykonanych za pomocą modułu Layout Editor. Najpierw stworzymy płytkę bez schematu.

Rozdział ten poświęcony jest w głównej mierze dla użytkowników nie posiadających modułu Schematic Editor. Jeżeli zaś takowy moduł został zainstalowany, nie ma konieczności wykonywania poniższych ćwiczeń. Warto jednak zapoznać się z lekturą, gdyż może ona zawierać cenne informacje.

### 8.1 Projektowanie płytki bez schematu

Otwieramy nowy plik (odpowiednio *File/New/Board* w Panelu Sterowania) i powiększamy okno edytora.

Na początek definiujemy kształt płytki. Zanim jednak to nastąpi, musimy wcześniej ustalić jednostkę miary, jakiej będziemy używać podczas projektowania. Najlepiej skorzystać z domyślnej jednostki. W tym celu klikamy na ikonę GRID znajdującą się na pasku parametrów, a następnie klikamy na *Default* i zatwierdzamy przyciskiem *OK*.

Krawędzie płytki muszą być rysowane na warstwie 20 za pomocą polecenia WIRE. W tym celu klikamy na ikonę WIRE, a następnie z pola *combo* na pasku parametrów wybieramy warstwę 20.

Umieszczamy kursor w punkcie współrzędnych zero, a następnie klikamy lewym przyciskiem myszy, aby zatwierdzić punkt początkowy krawędzi. Przesuwamy kursor w prawo. Następnie klikamy prawym przyciskiem myszy do momentu, aż linie staną się prostopadłe (90 stopni) i umieszczamy kursor w pobliżu współrzędnych (4.00 3.00). Zatwierdzamy kształt krawędzi klikając w tym punkcie lewym przyciskiem myszy, a następnie przesuwając kursor z powrotem do punktu zero. Klikając dwukrotnie lewym przyciskiem myszy kończymy działanie polecenia WIRE. W tym momencie krawędzie płytki są już zdefiniowane. Używając polecenia MOVE możemy przesuwać krawędzie płytki. Za pomocą poleceń UNDO oraz REDO natomiast możemy cofnąć dokonane zmiany lub wykonać ponownie cofnięte już czynności. Za pomocą kombinacji klawiszy ALT+F2 lub ikony Zoom-to-fit możemy powiększyć rozmiar płytki do rozmiaru ekranu.

## 8.2 Siatka

Zanim rozpoczniemy wstawianie elementów, ważne jest, aby najpierw ustawić dla nich odpowiednią siatkę. Siatka dla elementów może być inna od siatki używanej do rysowania kształtu płytki i prawie zawsze inna niż siatka używana do prowadzenia ścieżek. W poniższym przykładzie standardowo użyjemy domyślnej siatki (0,05 cala).

## 8.3 Umieszczanie elementów

Wybieramy ikonę ADD znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń, a następnie wyszukujemy *DIL14*. Klikamy dwukrotnie na obudowie *14-pin DIL*. Obudowa zostanie przyłączona do kursora. Za pomocą prawego przycisku myszy możemy ją dowolnie obracać, a następnie klikając lewym przyciskiem myszy umieścić ją w żądanym miejscu. W ten sposób umieszczamy dwie obudowy. Naciskamy klawisz F3 i F4, aby powiększyć lub zmniejszyć skalę elementu.

Jeśli chcemy umieścić element na naszej płytce pod dowolnym kątem, jest możliwe zdefiniowanie wartości tego kąta w polu *Angle* na pasku parametrów w momencie, gdy element ten jest przyłączony do kursora. Aby to uczynić wybieramy element, klikamy pole *Angle* na pasku parametrów, wprowadzamy żadaną wartość kąta, a następnie zatwierdzamy ją klawiszem ENTER. W tym momencie przyczepiony do kursora element jest już obrócony i gotowy do umieszczenia na płytce.

Aby obrócić już umieszczony element używamy polecenia ROTATE. Domyślnie za pomocą tego polecenia możemy obracać elementy o 90 stopni. Aby obrócić umieszczony już element pod dowolnym kątem, klikamy na ikonę ROTATE, i w polu *Angle* wpisujemy żadaną wartość kąta (polecenie ROTATE musi być aktywne). Następnie klikamy na element, który chcemy obrócić. Element zostanie obrócony. Jeżeli po zaznaczeniu elementu przytrzymamy wciśnięty klawisz myszy, to poruszając ją będziemy mogli obracać element pod dowolnym kątem. Aktualna wartość kąta będzie wyświetlana na pasku parametrów. Jeżeli chcemy używać innych obudów niż te, które są już zdefiniowane (na przykład smd), możemy w tym celu użyć polecenia REPLACE. Szczegółowe informacje znajdziemy w pomocy programu.

#### 8.4 Umieszczanie obudów SMD

Korzystając z polecenia ADD umieszczamy na płycie dwie obudowy 1210 (wzór wyszukiwania: *R1210*). Jeśli znamy już nazwę obudowy, możemy wprowadzić w linii poleceń:


***ADD R1210***

***lub***

***ADD R1210@smd-ipc***

Wpisane polecenie zatwierdzamy klawiszem ENTER. Jeśli chcemy umieścić obudowę pod pewnym kątem, możemy w linii poleceń wpisać bezpośrednio:

***ADD R1210@smd-ipc R22.5***

Polecenie zatwierdzamy klawiszem ENTER. Miejsca montażu obudowy SMD na płycie podświetlone są na kolor czerwony, co oznacza, że znajdują się one na warstwie *1 Top*. Aby przetransportować je na warstwę spodnią używamy polecenia MIRROR. W tym celu klikamy na ikonę MIRROR  znajdującą się na pasku narzędzi poleceń. Możemy umieszczać elementy po drugiej stronie płytki tak długo, jak długo polecenie MIRROR będzie aktywne. W następnym przykładzie obudowy powinny być jednak umieszczane na warstwie *Top layer* (czerwona).

#### 8.5 Wprowadzanie nazw

Aby nadać nazwę danej obudowie, klikamy na ikonę NAME, a następnie przesuwamy kursor do punktu początkowego pierwszej obudowy DIL14 (zaznaczonego krzyżykiem) i klikamy lewym przyciskiem myszy. Zostanie wyświetlone menu. Wybieramy *IC1* i zatwierdzamy wybór klawiszem ENTER. Nowa nazwa zostanie przypisana do obudowy. Ten sam proces powtarzamy dla obudów: IC2, R1 oraz R2.

## 8.6 Wprowadzanie wartości

Aby wprowadzić wartość elementu klikamy na ikonę VALUE, przesuwamy kursor do początku obudowy IC1 i klikamy lewym przyciskiem myszy. Zostanie wyświetlone menu. Wybieramy *CD4001* i zatwierdzamy wybór klawiszem ENTER. Wartość C1 została zmieniona na CD4001. Używając polecenia VALUE przypisujemy wartość CD4002 do IC2, 100k do R1 oraz 22k do R2.

## 8.7 Definiowanie sygnałów

Następnym krokiem w projektowaniu płytki drukowanej jest zdefiniowanie sygnałów i ustalanie ich połączeń. Najpierw podłączamy uziemienie. Klikamy w tym celu na SIGNAL i wybieramy *GND*. Wybór standardowo zatwierdzamy klawiszem ENTER. Klikamy na siódme wyprowadzenie układu IC1 (IC1-7) i przesuwamy kursor do IC2-7 i klikamy dwukrotnie, aby zakończyć podłączanie uziemienia. Dwie nóżki układów IC1 oraz IC2 zostały uziemione.

Następną czynnością będzie podłączenie VCC. Wybieramy *VCC* i klikamy na IC1-14 (wyprowadzenie 14, układ IC1). Następnie przesuwamy kursor na IC2-14 (wyprowadzenie 14, układ IC2) i klikamy dwukrotnie lewym przyciskiem myszy, aby zakończyć podłączanie VCC. Tą samą procedurę powtarzamy dla pozostałych sygnałów.

Jeśli nie chcemy w tym momencie wyszczególniać nazw sygnałów, klikamy na wyprowadzenie, aby rozpocząć prowadzenie sygnału. Aby zakończyć prowadzenie sygnału, klikamy dwukrotnie na wyprowadzeniu lub po prostu klikamy na ikonie STOP. Program automatycznie wygeneruje nazwy dla sieci.

***Terminologia programu EAGLE: Pady to przelotki dla konwencjonalnych elementów (używane w obudowach). Piny to punkty połączeń na schemacie. Smd to wyprowadzenia urządzeń, które montowane są powierzchniowo (używane w obudowach).***

Połączenia mogą być usuwane za pomocą polecenia DELETE, jeśli tylko nie pracujemy z nadzorem Forward&Back Annotation (w przeciwnym wypadku sygnały usuwamy usuwając na schemacie odpowiednią sieć). Zauważmy, że podczas pracy z Forward&Back Annotation zawsze możemy używać poleceń UNDO oraz REDO.

## 8.8 Definiowanie klas sygnałów

Polecenie CLASS pozwala określić klasę sygnału, przydzielić odpowiednie wartości odnośnym szerokością ścieżek, określić minimalne odległości od innych sygnałów oraz minimalną średnicę przelotek.


Na przykład sygnał zasilania może być prowadzony za pomocą szerszej ścieżki (wyższe natężenie prądu) lub ścieżek prowadzonych w większych odstępach (wyższe napięcie). Autorouter bierze te wartości pod uwagę podczas prowadzenia ścieżek.

Domyślną wartością dla wszystkich wartości jest 0 (klasy nie są zdefiniowane). Oznacza to, że wartości ustawione w Design Rules są ważne dla wszystkich sygnałów. Różne klasy zostały użyte w pliku *hexapodu.brd*.

## Rozdział 9: Tworzenie płytki na podstawie schematu

Jeżeli mamy zainstalowany moduł Schematic Editor i schemat został już wcześniej narysowany, to w takim wypadku wystarczy kilka kroków, aby uzyskać taki sam efekt jak w poprzedniej części.

### 9.1 Generowanie pliku płytki

Otwieramy plik *demo1.sch* i wybieramy ikonę BOARD . Za pomocą tego polecenia tworzymy płytkę o tej samej nazwie co załadowany schemat (*demo1.brd*). Na pytanie „Create file ?” („Czy utworzyć plik ?”) odpowiadamy twierdząco klikając na OK. Powiększamy okno modułu Layout Editor. Biała ramka z prawej strony okna symbolizuje kształt i rozmiar płytki. Jest utworzona z linii na warstwie *layer 20, Dimension*.

Klikamy na MOVE, a następnie klikamy prawy prostokątny narożnik płytki. Przesuwamy kursor trochę w lewo i klikamy lewym przyciskiem myszy. Właśnie zredukowaliśmy rozmiar płytki. Rozmiar płytki możemy zmieniać w dowolnym momencie. Możemy oczywiście również usunąć ramkę (polecenie DELETE) i zastąpić ją, na przykład predefiniowaną obwolutą płytki zawartą w pliku skryptu (polecenie SCRIPT).


### 9.2 Umieszczanie elementów

Wybieramy ikonę Zoom-to-fit. Rysunek zostanie powiększony. Elementy usytuowane są z lewej strony płytki.

Klikamy na MOVE, a następnie na największy układ IC i przesuwamy kursor do środka płytki. Element i jego połączenia zostaną dołączone do kursora. Klikamy prawy przycisk myszy, jeśli chcemy obrócić element. Jeśli chcemy zatwierdzić pozycję elementu, klikamy lewym przyciskiem myszy. Używając polecenia MOVE przenosimy wszystkie elementy.

Innym sposobem przenoszenia elementów jest wywołanie polecenia MOVE, a następnie wpisanie w linii poleceń:


***JP1***

Element zostanie przyczepiony do kursora myszy. Aby wyświetlić najkrótsze możliwe połączenia, wybieramy ikonę RATSNEST . Kiedy tylko chcemy sprawdzić, czy dobrze rozmieściliśmy elementy na płycie (na przykład krótkie ścieżki) możemy ponownie użyć polecenia RATSNEST.


Zauważmy, że:


Po wygenerowaniu pliku płytki za pomocą polecenia BOARD program EAGLE rozmieszcza wszystkie elementy płytki po lewej stronie płytki, w ujemnych współrzędnych. W wersji Freeware na przykład, możemy umieszczać elementy wewnątrz obszaru o rozmiarze około 3,9 x 3,2 cala. Aby poprowadzić ścieżki lub użyć funkcji Autoroutera musimy najpierw przenieść wszystkie elementy do wnętrza tego pola.

### 9.3 Autorouter – krótki przykład

Jeśli chcemy zobaczyć jak wygląda działanie Autoroutera, z paska narzędzi poleceń wybieramy ikonę AUTO . Wybieramy odpowiednie Routing Grid (domyślnie 50) i klikamy na OK.

Rozmieszczanie elementów trwa chwilę (w tym czasie możemy obserwować pasek stanu). Jeżeli jednak trwa to zbyt długo, możemy przerwać działanie Autoroutera klikając na ikonę STOP. Na ekranie zostanie wyświetlone pytanie „*Interrupt ?*” („Przerwać ?”). Klikamy na *Yes*. Jeżeli nie jesteśmy zadowoleni z rezultatu, możemy cofnąć wykonaną akcję klikając na RIPUP.

Jeśli chcemy zamienić obecne ścieżki w połączenia typu airwire, klikamy te ścieżki i rozpoczynamy prowadzenie wybieramy ikonę  znajdującą się na pasku narzędzi.

Jeśli chcemy zamienić wszystkie ścieżki na połączenia typu airwire, klikamy na RIPUP , a następnie na ikonę z symbolem sygnalizacji świetlnej. Pojawi się okienko z pytaniem „*Ripup all signals ?*”. Klikamy na *OK*.

Nie zależnie od tego, ile ścieżek zostało już poprowadzonych, zawsze możemy uruchomić Autorouter. Sygnały zasilające i inne krytyczne sygnały zazwyczaj prowadzone są ręcznie, zanim Autorouter zostanie uruchomiony. Ścieżki, które zostały poprowadzone przed uruchomieniem Autoroutera nie będą mogły być już zmienione.

## 9.4 Ręczne prowadzenie ścieżek

Polecenia ROUTE zamienia połączenia typu airwire na ścieżki. Klikamy na ikonę ROUTE znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Klikamy punkt połączenia typu airwire. Podobnie jak w przypadku polecenia WIRE, również i w tym przypadku możemy wprowadzić dodatkowe parametry takie jak szerokość linii czy ścieżka docelowa. Służy do tego pasek parametrów.

*Wszystkie wartości dotyczące aktualnych jednostek wybieramy za pomocą polecenia GRID.*

Przesuwamy kursor, aby poprowadzić sygnał, a następnie klikamy lewym przyciskiem myszy, aby zatwierdzić aktualny segment. Następnie klikamy dwukrotnie lewym przyciskiem myszy, aby zatwierdzić ostatni segment i zakończyć prowadzenie ścieżki dla całego sygnału.

Jeżeli polecenie ROUTE jest wciąż aktywne, możemy rozpocząć prowadzenie nowego sygnału. Istnieje wtedy również możliwość zmiany trybu zagięcia pomiędzy dwoma segmentami połączenia. Dokonujemy tego za pomocą prawego klawisza myszy. Próbujemy różne opcje. Ścieżki możemy poprowadzić również w postaci łuków (polecenie SET, parametr *Wire\_Bend*).

Jeśli zmienimy ścieżkę docelową podczas procesu prowadzenia ścieżek wybierając ją z pola *combo* na pasku parametrów, następne segmenty połączeń będą rysowane na nowej warstwie. Niezbędne przelotki będą wygenerowane automatycznie przez program EAGLE.

W przypadku kończenia ścieżki w tym samym miejscu, w którym znajduje się inna ścieżka i która należy do tego samego sygnału, ale leżącego na innej warstwie, program EAGLE nie ustawi przelotki automatycznie. Aby ją umieścić, podczas kończenia połączenia przytrzymujemy wciśnięty klawisz SHIFT.

Podczas prowadzenia ścieżek program EAGLE za każdym razem wylicza najkrótsze połączenia i pokazuje je przy pomocy połączeń typu airwire.

Do prowadzenia połączeń pod kątem używamy polecenia MITER. Możemy go zastosować zarówno w stosunku do linii prostych, jak i do łuków, które będą określane za pomocą promienia. Więcej szczegółów temat poleceń MITER, WIRE, oraz SET znajduje się w pomocy programu.

Wersja Freeware programu EAGLE (Light edition) nie obsługuje pustych przelotek. Jest to związane z tym, iż wersja ta posiada ograniczenia w stosunku do liczby warstw sygnałowych. Więcej informacji na ten temat znajdziemy w pomocy programu.

## 9.5 Zmiany na płytce

Jeżeli prowadzenie ścieżek na płytce zostanie już zakończone, możemy wprowadzić jeszcze kilka zmian, na przykład:

- przesuwać i porządkować połączenia oraz elementy za pomocą poleceń MOVE oraz SPLIT
- zamieniać ścieżki na połączenia typu airwire za pomocą polecenia RIPUP
- usuwać sygnały za pomocą polecenia DELETE (tylko przy wyłączonym nadzorze Forward&Back Annotation)
- zamieniać typy obudów za pomocą poleceń CHANGE PACKAGE lub REPLACE (bez modułu Schematic Editor).
- modyfikować zasady projektowania
- oddzielać teksty od elementów, aby później możliwe było ich przemieszczanie, obracanie i zmienianie

## Rozdział 10: **Dalsza praca z modulem Layout Editor**

W tej części zostały opisane modyfikacje projektu płytki drukowanej zapisanego w pliku o nazwie *demo2.brd*. Otwieramy plik, o którym mowa i powiększamy okno edytora. Przed przystąpieniem do kolejnych działań, warto przypomnieć sobie działanie kliku funkcji programu.

### **10.1 Polecenie DISPLAY**

Bardzo często lepszy widok na projekt uzyskujemy wyłączając wyświetlanie niektórych informacji. Klikamy na DISPLAY i zaznaczamy myszką warstwę *21 tPlace*. Zawiera ona informacje dotyczące górnej warstwy. Zaznaczając lub odznaczając warstwy: *23 tOrigins*, *25 tNames*, *27 tValues* i *51 tDocu* spowodujemy ich wyświetlanie lub ukrycie. Aby zaakceptować zmiany, klikamy na OK.

### **10.2 Polecenie MOVE**

Za pomocą polecenia MOVE możemy na przykład przesuwac linie lub ścieżki sygnałowe. Wybierając segment połączenia blisko punktu końcowego możemy przesunąć ten punkt końcowy. Przytrzymując wciśnięty klawisz CTRL podczas wybierania punktu końcowego, zostanie on przyciągnięty do bieżącego rastra. Zaznaczając połączenie w środku będziemy mogli przesunąć go równolegle. Trzymając wciśnięty klawisz CTRL możemy zamienić połączenie w łuk.

Możemy również przesuwać przelotki (otwory, którymi łączymy ścieżki na warstwie górnej i dolnej). Kiedy przesuujemy przelotki, wraz z nimi przesuują się podłączone do nich ścieżki.

Jeśli chcemy przemieszczać elementy umieszczone na górnej warstwie, warstwa *23 tOrigins* musi być wyświetlana. To samo dotyczy spodu płytki i warstwy *24 bOrigins*.

Jeśli tylko polecenie MOVE jest aktywne, możemy obracać elementy o 90 stopni za pomocą prawego przycisku myszy lub pod dowolnym kątem ustawianym w polu *Angle* na pasku parametrów. Przez cały czas pasek stanu wyświetla informacje na temat zaznaczonego obiektu.

### 10.3 Polecenie GROUP

Jednym z najczęściej używanych poleceń w programie EAGLE jest polecenie GROUP. Pozwala ono zaznaczyć kilka elementów jednocześnie, zmieniać ich atrybuty, przesuwać, obracać i dokonywać lustrzanego odbicia. Aby użyć polecenia GROUP, klikamy na ikonę GROUP. Klikając i puszczając lewy przycisk myszy rysujemy prostokąt dookoła elementów, które chcemy zaznaczyć. Aby zamknąć prostokąt klikamy prawym przyciskiem myszy (nie używamy polecenia POLYGON). Zaznaczone elementy zostaną podświetlone.


*Upewnijmy się, że wybraliśmy tylko te elementy, które znajdują się na widocznej warstwie. Obudowy znajdujące się na wierzchniej warstwie mogą być zaznaczone tylko, jeśli warstwa 23 tOrigins jest widoczna, a obudowy na dolnej warstwie mogą być zaznaczone tylko, jeśli widoczna jest warstwa 24 tOrigins. Aby wyświetlić lub ukryć warstwy użyjmy polecenia DISPLAY.*

Następnie wybieramy polecenie MOVE i za pomocą prawego przycisku myszy przyczepiamy całą grupę do kursora. W ten sposób możemy przesuwać wszystkie obiekty równocześnie, obracać je za pomocą prawego przycisku myszy a lewym zatwierdzać ich położenie.

Po zdefiniowaniu grupy za pomocą polecenia GROUP, atrybuty należące do zaznaczonych elementów mogą być zmieniane za pomocą polecenia CHANGE. Aby to sprawdzić, zaznaczamy grupę zawierającą połączenia. Następnie klikamy na ikonę CHANGE i z menu wybieramy odpowiednio *Width/0.032*. Następnie klikamy prawym przyciskiem myszy w dowolnym miejscu okna edytora. Wykonaną czynność możemy cofnąć za pomocą polecenia UNDO.

Prostokątną grupę możemy zdefiniować wybierając ikonę GROUP, a następnie klikając jeden z narożników obszaru, przytrzymując jednocześnie wciśnięty klawisz myszy i przesuując kursor do wnętrza całego obszaru.

#### 10.4 Polecenie SPLIT

Za pomocą polecenia SPLIT możemy dowolnie zaginać ścieżki. W tym celu klikamy na ikonie SPLIT  znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Następnie klikamy obwód bliski naszego punktu docelowego.

Przesuwamy obwód. Możemy zauważyć, że dłuższy segment przyjmuje postać linii prostej, natomiast segment krótszy przyjmuje postać linii podzielonej na dwie części. Kąt położenia nowego segmentu możemy zmieniać za pomocą prawego przycisku myszy. Lewym przyciskiem myszy zatwierdzamy nowe położenie obwodu.

#### 10.5 Polecenie CHANGE

Za pomocą polecenia CHANGE możemy zmieniać szerokość ścieżek lub przenosić je na inną warstwę. Aby zmienić szerokość ścieżki klikamy na ikonę CHANGE. Zostanie wyświetlone menu. Klikamy na *Width*, a następnie wybieramy interesującą nas wartość. Przesuwamy kursor na połączenie, które chcemy zmienić i klikamy lewym przyciskiem myszy. Jeśli w menu nie ma interesującej nas szerokości (na przykład 0,23 cala), klikamy na *Width*, a następnie na pole oznaczone trzema kropkami. Wprowadzamy żądaną wartość i zatwierdzamy ją klawiszem ENTER lub po prostu klikamy *OK*. Zawsze możemy również wpisać w linii poleceń:

#### ***CHANGE WIDTH .23***

Polecenie zatwierdzamy klawiszem ENTER, a następnie klikamy segment obwodu.

Aby przenieść segment na inną warstwę klikamy na CHANGE. Z menu wybieramy *Layer*. Zaznaczamy pożądaną warstwę i klikamy na segment obwodu. W przypadku, gdy przelotka jest potrzebna do zakończenia sygnału, program EAGLE wstawi ją automatycznie. Jeżeli natomiast okaże się niepotrzebna, EAGLE automatycznie ją usunie.

#### 10.6 Polecenie ROUTE

Aby zamienić połączenie typu airwire w ścieżkę, klikamy na ikonę ROUTE znajdującą się na pasku narzędziowym poleceń. Klikamy lewym przyciskiem myszy, aby ustalić położenie obwodu. Następnie zmieniamy kierunek i ustalamy kolejne segmenty do momentu, aż wszystkie ścieżki będą gotowe.

## 10.7 Polecenie RIPUP

Jeśli chcemy obrócić, na przykład ścieżki sygnałów GND oraz VCC w połączenia typu airwire, klikamy na ikonę RIPUP i wpisujemy:


***GND VCC***

Polecenie zatwierdzamy klawiszem ENTER. Dwukrotne naciśnięcie klawisza F9 spowoduje cofnięcie akcji. Jeśli chcemy natomiast obrócić wszystkie sygnały (z wyjątkiem sygnałów GND i VCC) wpisujemy:

***! GND VCC***

Polecenie ponownie zatwierdzamy klawiszem ENTER.

## 10.8 Polecenie SHOW

Polecenia SHOW używamy do podświetlania połączeń oraz elementów. Klikamy na ikonę Zoom-to-fit, a następnie wybieramy ikonę SHOW . W linii poleceń wpisujemy:

***IC1***

i naciskamy klawisz ENTER. W ten sposób zlokalizujemy element IC1. Informacje na temat zaznaczonego obiektu będą wyświetlane na pasku stanu.

## 10.9 Odświeżanie obrazu

Aby odświeżyć ekran klikamy na ikonę REDRAW lub wciskamy klawisz F2.

## 10.10 Funkcja UNDO/REDO

Wszystkie czynności można w każdej chwili cofnąć (funkcja UNDO) lub powtórzyć (funkcja REDO). To samo można wykonać przy pomocy klawiszy F9 (UNDO) oraz F10 (REDO).

### 10.11 Warstwy wewnętrzne

Warstwy wewnętrzne (Router 2...15) mogą być użyte do prowadzenia ścieżek w taki sam sposób, w jaki odbywa się to na warstwie górnej i dolnej.

*Nie jest to możliwe w wersji Freeware (Light Edition).*

### 10.12 Warstwy zasilające

*Możliwe tylko w wersji Standard i Professional.*

Warstwy wewnętrzne (Route 2...15) mogą być użyte jako sygnał lub uziemienie. W tym celu wystarczy zmienić nazwę warstwy *\$signalname*, kiedy wszystkie sygnały o tej samej nazwie są do niej podłączone. Aby to zademonstrować, otwieramy plik *demo2.brd* i wpisujemy:

***SHOW GND***

Polecenie zatwierdzamy klawiszem ENTER. Sygnał GND zostanie podświetlony. Następnie wpisujemy :

***RIPUP GND***

i ponownie wciskamy ENTER. Sygnał GND zostanie wyświetlony tylko jako połączenie typu airwire. Teraz możemy zdefiniować warstwę 2 jako warstwę uziemienia nadając jej nazwę *\$GND* (nazwa sygnału musi być poprzedzona znakiem \$). W linii poleceń wpisujemy:

***LAYER 2 \$GND***

Naciskamy klawisz ENTER. Możemy również wybrać warstwę *Route2* w menu DISPLAY. Klikamy przycisk *Change*. Następnie aktywujemy opcję *Supply Layer* i wprowadzamy nazwę GND. Klikamy ikonę RATSNEST, aby stworzyć połączenie typu airwire dla sygnału GND. Aby zobaczyć rezultaty przełączania wszystkich warstw z wyjątkiem warstwy *\$GND* klikamy ikonę DISPLAY lub po prostu w linii poleceń wpisujemy:

## ***DISPLAY NONE \$GND***

Po wpisaniu polecenia naciskamy klawisz ENTER. Pamiętajmy, że zawsze możemy używać również małych liter lub słów kluczowych. Możemy więc wpisać:

***dis none \$gnd***

lub

## ***SHOW GND***

Wszystkie elementy, które podłączone są do GND zostaną wyświetlone. Okrągłe symbole oddzielają przelotki, które nie należą do warstwy GND.

W naszym przykładzie elementy C1 i C2 nie są jeszcze podłączone do wewnętrznej warstwy. Korzystając z polecenia ROUTE możemy poprowadzić ścieżki i przelotki na ich końcach. Dopiero wtedy możemy powiedzieć, że połączenie z warstwą wewnętrzną zostało utworzone.


Warstwy zasilania zdefiniowane z *\$name* są drukowane odwrotnie. Oznacza to, że obiekty w kolorze warstwy zasilającej definiują obszary wolne od wypełniania miedzią. Symbole łączą poziom uziemienia z przelotkami za pomocą czterech ścieżek prowadzących.

### **10.13 Polecenie POLYGON**

Polecenie POLYGON umożliwia nam definiowanie obszarów należących do sygnału łączącego wszystkie punkty lutownicze z symbolami. Sygnał utrzymuje zdefiniowaną przez użytkownika odległość od innych ścieżek. Możemy projektować warstwy, które zawierają obszary wypełnione miedzią pełniące funkcję różnych obszarów masy. Takie obszary możemy umieszczać na wielu warstwach.

Aby to zademonstrować, wypełniamy górną warstwę płytki sygnałem GND. Następnie ponownie ładujemy plik *demo2.brd*, powiększamy okno edytora i w linii poleceń wpisujemy:

***RIPUP GND***

Przy pomocy polecenia **DISPLAY** włączamy warstwy: *1 Top, 17 Pads, 18 Vias* i *20 Dimension*. Korzystając z przycisku *None* znajdującego się w menu, wyłączamy najpierw wyświetlanie wszystkich innych warstw. Wybieramy ikonę **POLYGON**  i w linii poleceń wprowadzamy:

### ***GND***

aby przypisać nazwę **GND** do narysowanego obszaru. Tylko wtedy będzie on należał do sygnału **GND**.

Wybieramy warstwę *Top* z pola znajdującego się na pasku parametrów. Następnie klikamy po kolei: lewy górny róg krawędzi płytki, prawy górny róg, prawy dolny róg i dwukrotnie lewy dolny róg. Podwójne kliknięcie zamyka obszar wypełniania miedzią. Aby rozpocząć wyliczanie wypełnianego obszaru, klikamy na ikonę **RATSNEST**. Jest to bardzo skomplikowana operacja, więc może ona zająć trochę czasu.

Jak poprzednio, punkty lutownicze należące do sygnału **GND** są połączone z symbolami. Możemy to sprawdzić korzystając z polecenia:

### ***SHOW GND***

W tym wypadku wszystko, co jest wyświetlone w kolorze warstwy będzie pokryte miedzią. Warstwa nie jest bowiem drukowana odwrotnie (tylko warstwy zasilające definiowane z *\$name*).

***Po załadowaniu płytki, obszary wypełniane miedzią będą wyświetlane wraz z krawędziami płytki. Wypełnione pola są wyświetlane tylko po wywołaniu polecenia RATSNEST. Natomiast wywołanie polecenia RIPUP wraz pojedynczym kliknięciem krawędzi obszaru wypełnionego miedzią powoduje wyświetlenie jego obwiedni.***

Więcej informacji na temat polecenia **POLYGON** znajdziemy w pomocy programu.

## Rozdział 11: **Autorouter**

Żaden Autorouter nie poprowadzi ścieżek dokładnie w taki sposób, w jaki chcemy. Może jednak uwolnić nas od mnóstwa nudnej pracy. Oczywiście zawsze istnieje możliwość ręcznego prowadzenia ścieżek lub łączenia jednego z drugim.

Na początek otwieramy plik *hexapodu.brd*. Wyłączamy warstwę *21 tPlace* (za pomocą polecenia DISPLAY), aby elementy nie były więcej wyświetlane.

Płytką ta zawiera sygnały prowadzone ręcznie. Noszą one nazwy: AC1 oraz AC2. Prostokąty na warstwach *41 tRestrict* i *42 bRestrict* zostały użyte do stworzenia zastrzeżonych obszarów dla Autoroutera. Wnętrza tych obszarów nie są brane pod uwagę przez Autorouter podczas prowadzenia ścieżek na warstwie górnej i dolnej. Element B1 jest zakryty na warstwie *43 vRestrict* przez obszar zastrzeżony dla rysowania. Oznacza to, że Autorouter nie może ustalać tam przelotek.

Uruchamiamy Autorouter klikając w tym celu na ikonę AUTO. Zostanie wyświetlone menu, w którym będziemy mogli wprowadzić indywidualne ustawienia (warto zajrzeć do pomocy programu). Dla projektu *hexapodu.brd* powinniśmy wybrać siatkę routingu 10 mil (0,254 mm). Możemy również załadować ustawienia Autoroutera z pliku *hexapodu.brd* klikając na przycisk *Load*. Jeśli chcemy wykonać routing wszystkich niepoprowadzonych sygnałów, klikamy na *OK*. Jeśli natomiast nie chcemy zmieniać ustawień Autoroutera, możemy po prostu wpisać w linii poleceń:

**AUTO;**

Menu zostanie pominięte. Obserwujemy informacje wyświetlane na pasku stanu. Informują nas one na przykład, ile ścieżek poprowadzono lub ile przelotek zostało w tym momencie umieszczonych. Jeśli chcemy zakończyć działanie Autoroutera, klikamy na ikonę STOP. Protokół Autoroutingu przechowywany jest w pliku *hexapodu.pro*. Aby zobaczyć jak wygląda omawiany protokół, otwieramy go w edytorze tekstu.


Płytki routowane przez Autorouter mogą być edytowane jak każde inne. Jeżeli rezultat routingu będzie mniejszy niż 100 %, możemy розміścić pozostałe ścieżki ręcznie. Aby przywrócić oryginalny status, zamieniamy ścieżki w połączenia typu airwires (z wyjątkiem AC1 i AC2) za pomocą polecenia:

## ***RIPUP ! AC1 AC2***

Autorouter używa dla swoich ścieżek szerokości ustalonej w Design Rules (*Edit/Design Rules*, tabela *Sizes, Minimum width*). Jeśli istnieją wartości (wprowadzone za pomocą polecenia CLASS) definiujące różne klasy sieci (tak jak w przypadku pliku hexapod.brd) Autorouter również je uwzględni. W takim wypadku zostanie wybrana najlepsza wartość.

Aby zdefiniować obszary zastrzeżone używamy warstwy 41 *tRestrict* dla warstwy górnej i warstwy 42 *vRestrict* dla warstwy dolnej. Ograniczone obszary na warstwie 43 *vRestrict* nie pozwalają na umieszczanie przelotek. Autorouter nie prowadzi zaokrąglanych ścieżek.

## Rozdział 12: **Design Rule Check**

Wraz z uruchamianiem modułu Layout Editor powinniśmy pamiętać o zasadach projektowania (Design Rules). Niektóre zasady muszą być potwierdzone przez producenta płytek. Możemy je zdefiniować za pomocą okna dialogowego DRC. W tym celu klikamy na ikonę DRC , a następnie weryfikujemy lub zmieniamy domyślne wartości. Klikamy na jedno z pól parametrów (na przykład tabela Restrict). Klikamy lewym przyciskiem na *Apply*, aby zapisać zasady projektowania w pliku płytki. Przycisk *Check* rozpoczyna Design Rules Check. Przycisk *Select* pozwala wybrać odpowiedni obszar do sprawdzenia. Aby to uczynić, zakreślamy (za pomocą myszki) prostokąt nad żądanym obszarem. Polecenie DRC sprawdza, czy płytka pokrywa się z regułami projektowania zdefiniowanymi przez użytkownika.

Otwieramy plik *demo3.brd*. Klikamy na ikonę DRC, aby rozpocząć test. Zostanie wyświetlone menu, w którym będziemy mogli ustawić swoje zasady projektowania. Klikamy na *Check*, aby uruchomić DRC.

Po skończonym sprawdzaniu pasek stanu powinien wyświetlić wiadomość: *No Errors*. Teraz możemy być pewni, że płytka pasuje do zasad projektowania. Przesuwamy czerwone połączenie w poprzek innych czerwonych połączeń. Następnie uruchamiamy ponownie DRC wpisując w linii poleceń:

***DRC;***

Średnik spowoduje, że menu zostanie pominięte.

Pasek stanu wyświetla liczbę błędów. Okno błędów zostanie otwarte automatycznie wyświetlając listę błędów. Jeśli poprawimy już błędy na płytce, możemy je usunąć klikając na przycisk *Del all*. Aby dowiedzieć się więcej na temat polecenia *ERRORS* wciskamy klawisz F1.

***Jeśli znajdziemy na płytce obiekty, które nie mogą być usunięte za pomocą polecenia DELETE, oznacza to, że może to być rezultat DRC. Aby je usunąć, w linii poleceń wpisujemy:***

***ERRORS CLEAR***

## Rozdział 13: Biblioteki


Elementy, które umieszczamy na schemacie i płytce znajdują się w bibliotekach. Edytor bibliotek posiada taki sam interfejs użytkownika jak moduł Schematic Editor i Layout Editor. Dlatego, musimy znać tylko kilka dodatkowych komend, aby zdefiniować swoje elementy.

Normalnie biblioteka zawiera trzy podstawowe elementy:


- Obudowę (widoczną na płytce)
- Symbol (widoczny na schemacie)
- Urządzenie (rzeczywisty element zawierający symbol oraz obudowę)


Oto krótki przykład tworzenia bibliotek. Otwieramy nowy plik biblioteki (odpowiednio *File/New/Library* w Panelu Sterowania). Zostanie otwarte okno Edytora bibliotek (Library Editor).

### 13.1 Obudowa rezystora

Wybieramy tryb edycji obudowy wybieramy ikonę  znajdującą się na pasku narzędzi. W polu *New* wprowadzamy nazwę *R-10*. Na pytanie „*Create new package ?*” („Czy utworzyć nową obudowę ?”) odpowiadamy *Yes* (Tak). Tak samo odpowiadamy na kolejne pytania, które będą się pojawiały podczas tworzenia nowego symbolu oraz urządzenia.

Za pomocą polecenia *GRID* ustawiamy rozmiar siatki dla wyprowadzeń. Dla standardowych elementów (z przewodzącymi wyprowadzeniami) najlepiej użyć rastra 0,05 cala (50 mil).

Dla rezystorów z przewodzącymi wyprowadzeniami, wybieramy polecenie *PAD*  i w pasku parametrów ustawiamy odpowiedni kształt oraz średnicę otworów. Domyślna wartość dla średnicy wyprowadzeń wynosi 0. Nie powinna być zmieniana. Ostateczna średnica wynika z wartości wprowadzonych w Design Rules. Następnie umieszczamy dwa wyprowadzenia w odpowiedniej odległości. Punkt początkowy rysunku będzie utożsamiany z punktem, w którym znajduje się wybrany element. Z tego powodu powinien znajdować się bliżej środka urządzenia.

Dla rezystorów SMD, wybieramy polecenie SMD  i w pasku parametrów ustawiamy wymiary wyprowadzeń. Możemy wybrać jedną z proponowanych wartości lub samemu wprowadzić długość i szerokość w odpowiednim polu.

Wybieramy warstwę *Top*, nawet jeśli element ma być później umieszczony na spodniej warstwie płytki. Elementy SMD są umieszczane na odwrotnej stronie płytki za pomocą polecenia MIRROR. Powoduje to przeniesienie wszystkich elementów z warstwy *t..* na odpowiednią warstwę *b...* Wybieramy dwa wyprowadzenia SMD (w programie nazywane po prostu jako SMDs) w odpowiedniej odległości. Aby użyć okrągłych SMDs (BGAs), najpierw definiujemy kwadrat, a następnie za pomocą polecenia CHANGE zmieniamy wartość *Roundness* na 100%.

Teraz możemy wprowadzić nazwy, takie jak 1 i 2, dla wyprowadzeń SMDs. Do tego celu używamy polecenia NAME. Inna procedura jest zalecana dla elementów z sekwencyjnie numerowanymi wyprowadzeniami. Wybieramy polecenie PAD, wybieramy nazwę pierwszego wyprowadzenia, na przykład „1” i umieszczamy wyprowadzenia w odpowiedniej kolejności.

Teraz możemy użyć polecenia WIRE, aby narysować symbol elementu na warstwie 21 *tPlace*. Warstwa ta zawiera to, co będzie drukowane na płytce.

Informacje zawarte w pliku *library.txt* mogą być przydatne podczas projektowania komponentów. Warto zatem zapoznać się z nimi. Symbole elementów możemy również projektować za pomocą poleceń: ARC, CIRCLE, RECT oraz POLYGON.

Zwróćmy uwagę na warstwę 21 *tPlace*. Nie powinno się pokrywać żadnych obszarów, które mają być drukowane. Warstwa 21 *tDocu* nie jest używana do drukowania, a jedynie do graficznej prezentacji, która może być użyta w dokumentacji projektu.

Za pomocą polecenia TEXT możemy umieszczać napisy >NAME na warstwie 25 *tNames* i wartości >VALUE na warstwie 27 *tValues* w miejscach na płytce, gdzie aktualne nazwy i wartości są wyświetlone. Polecenia SMASH oraz MOVE mogą być później użyte do zmiany położenia napisów względem obudowy.

Polecenie CHANGE może być później użyte, aby zmienić takie własności jak rozmiar tekstu lub warstwy na płytce, na której umieszczony jest dany obiekt.


Jeśli chcemy zmienić własności kilku obiektów naraz, definiujemy grupę, a następnie za pomocą polecenia CHANGE wybieramy parametr oraz wartość. Klikamy prawym przyciskiem myszy wewnątrz grupy.


Przykład:

Używając polecenia GROUP definiujemy grupę zawierającą punkty lutownicze. Następnie uruchamiamy polecenie CHANGE i z menu wybieramy *Shape/Square*. Klikamy prawym przyciskiem myszy powierzchnię rysunku. Kształt punktów lutowniczych zmieni się.

Polecenie DESCRIPTION pozwala umieszczać informacje na temat obudowy. Ten napis oraz nazwa obudowy będą brane pod uwagę podczas wyszukiwania elementu w bibliotekach.

### 13.2 Symbol rezystora

Wybieramy tryb edytowania symbolu  i wprowadzamy nazwę *R* w polu *New*. Ta nazwa ma tylko znaczenie wewnętrzne w programie i nie jest wyświetlana na schemacie. Sprawdzamy, czy rozmiar rastra jest ustawiony na 0,1 cala. Wyprowadzenia symbolu **muszą** być umieszczone na takim rastrze, wymaga tego program EAGLE.

Wybieramy polecenie PIN . Możemy teraz ustawić własności tych pinów na pasku parametrów, zanim umieścimy je za pomocą lewego przycisku myszy. Wszystkie własności mogą być oczywiście zmienione później za pomocą polecenia CHANGE. Grupy mogą być ponownie zdefiniowane (polecenie GROUP). Polecenie NAME pozwala nam nazwać piny po ich wcześniejszym umieszczeniu.

Symbol jest rysowany na warstwie *94 Symbols* za pomocą polecenia WIRE i innych komend służących do rysowania. Umieszczamy napis *>NAME* i *>VALUE* na warstwie *95 Names* i *96 Values* (polecenie TEXT). Umieszczamy je tam, gdzie nazwy i wartości elementów są wyświetlane na schemacie.

### 13.3 Rezystor (gotowy element)

Korzystając z ikony tworzymy nowy element *R-10*. Jeśli później będziemy chcieli dodać ten element do schematu za pomocą polecenia ADD, wybierzemy go używając tej nazwy. To tylko zbieg okoliczności, że w tym przypadku nazwa obudowy i nazwa elementu są takie same.

Aby zdefiniować elementy, które mogą być wykonane w różnych technologiach i różnych wariantach obudów, w nazwie tych elementów musimy użyć znaków globalnych.

\* - reprezentuje pozycję nazwy technologii

? - reprezentuje nazwę obudowy

Definiując, na przykład, taki element jak 7400 w dwóch technologiach (L, LS) poprawna nazwa elementu to 74\*00. Nazwa wariantu obudowy będzie dodana do nazwy automatycznie. Jeśli chcemy zobaczyć, na przykład, nazwę wariantu obudowy, na początku nazwy elementu używamy znaku „?”. Na przykład: ?74\*00.

Klikamy przycisk *New* znajdujący się w prawym dolnym rogu okna Device Editor. Wybieramy obudowę *R-10*. Aby móc używać innych wariantów, ponownie klikamy na *New*.

Polecenie *PREFIX* jest używane do wyszczególniania przedrostka nazwy. Nazwa będzie automatycznie lokowana na schemacie. W przypadku rezystora, oznaczenie *R* będzie oczywiście wystarczające. Rezystory będą identyfikowane jako *R1*, *R2*, *R3* itd. Nazwy mogą być zmieniane w dowolnym momencie za pomocą polecenia *NAME*.

Poprzednio zdefiniowany symbol rezystora został przypisany do elementu przy pomocy polecenia *ADD*. Jeżeli element zawiera kilka symboli, które mogą być umieszczane pojedynczo (w programie znane są one jako bramki, ang. *gates*), to każda bramka może być wstawiona do schematu za pomocą polecenia *ADD*. W pasku parametrów ustawiamy *addlevel* na *Next*, a *swaplevel* na *0*. Następnie wstawiamy bramkę blisko początku.

W przypadku bramek *swaplevel* zachowuje się bardzo podobnie jak w przypadku pinów. Wartość *0* oznacza, że bramka nie może być zamieniona z żadną inną bramką w układzie. Wartość większa niż *0* oznacza, że bramka może być wewnątrz zamieniana z inną bramką znajdującą się w tym samym układzie i mającą taki sam *swaplevel*. Polecenie, które używamy do zamiany bramek to *GATESWAP*.

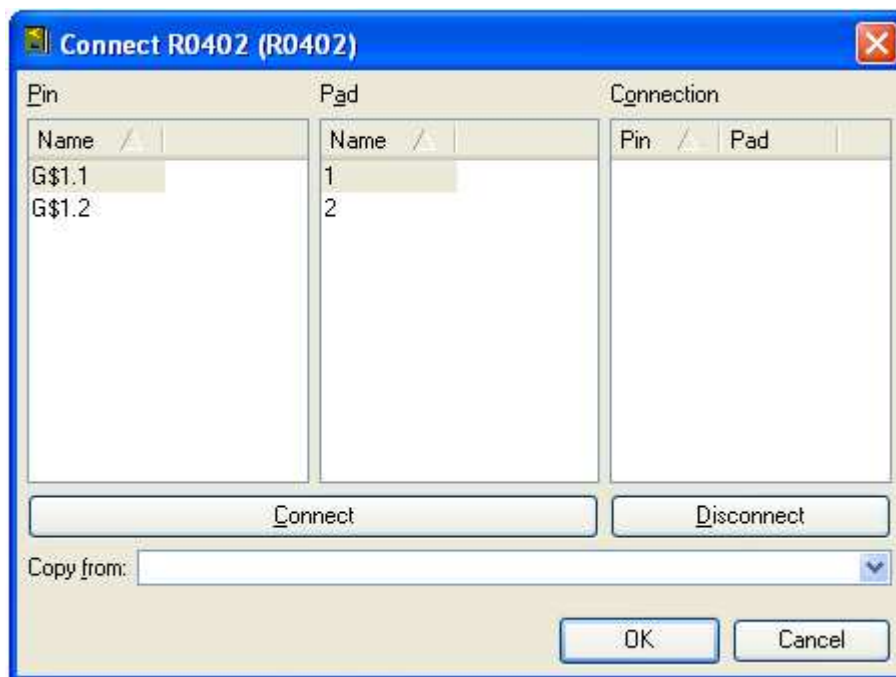
Możemy zmieniać nazwę bramki lub bramek za pomocą polecenia *NAME*. Nazwa nie jest ważna dla pojedynczej bramki, dlatego w takim przypadku nie jest wyświetlana na schemacie. Jeśli układ zawiera kilka bramek, nazwa elementu na schemacie będzie powiększona o nazwę bramki.

Przykład:

Układ *IC1* zawiera w sobie bramki *A*, *B*, *C* i *D*. Poszczególne elementy są więc wyświetlane na schemacie jako *IC1A*, *IC1B*, *IC1C* oraz *IC1D*.

Za pomocą polecenia *CONNECT* możemy wyróżnić, które piny są przypisane, którym wyprowadzeniom obudowy. Klikamy przycisk *Connect*.

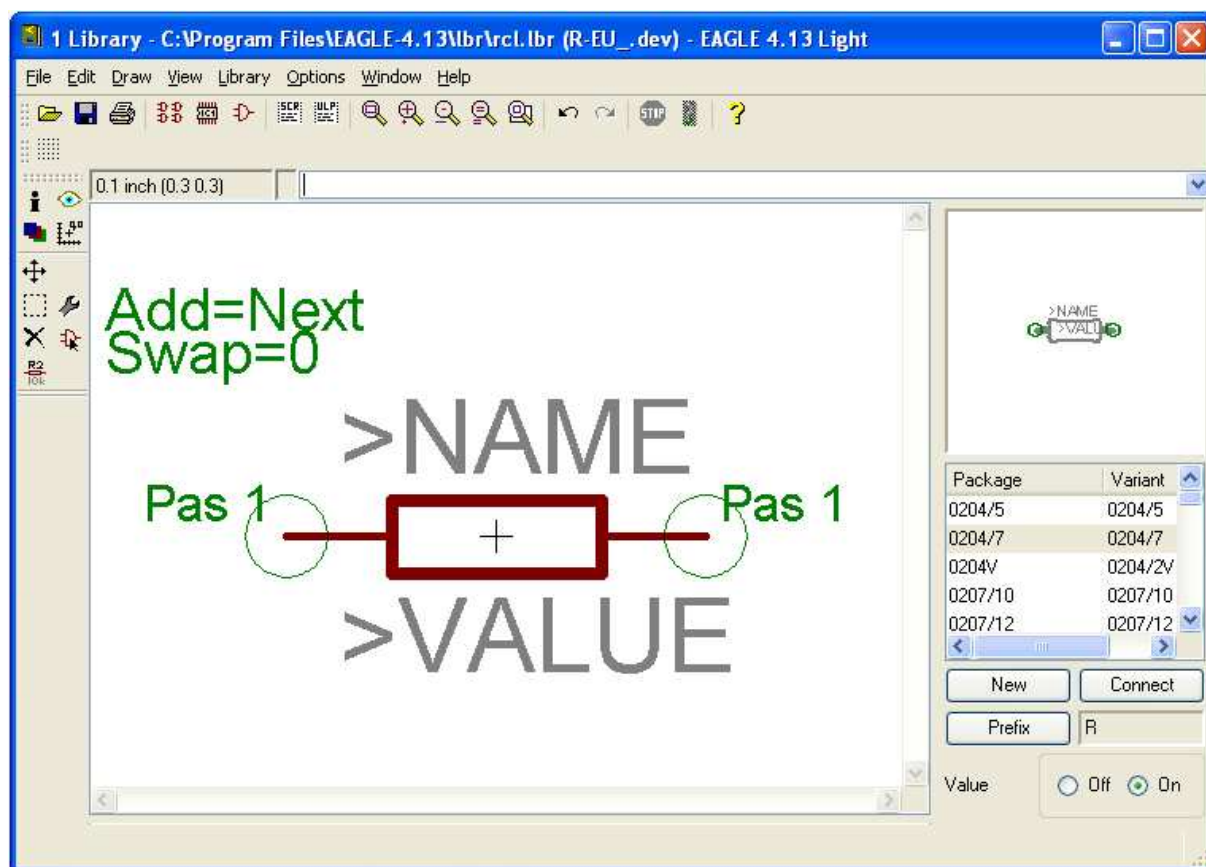
### 13.4 Okno Connect



Rys. 18

W tym przykładzie bramka rezystora została automatycznie nazwana G\$1. Właśnie dlatego w kolumnie *Pins* widoczne są nazwy pinów G\$1 i G\$2. Kolumna *Pad* ukazuje wyprowadzenia umieszczone w obudowie. Klikamy na pin, a następnie na pad i klikamy przycisk *Connect*. Jeśli chcemy odłączyć pin od padu, zaznaczamy parę widoczną w kolumnie *Connection* i klikamy na przycisk *Disconnect*. Przycisk *OK* kończy polecenie CONNECT i zamyka okno.

### 13.5 Okno Device Editor



Rys. 19

Po uruchomieniu polecenia DECRPTION możemy wprowadzić informacje na temat danego układu (elementu). Wprowadzony tekst będzie wyświetlony w Panelu Sterowania, jeśli zaznaczamy element w drzewie katalogów. Może być również sprawdzony za pomocą funkcji wyszukiwania w bibliotekach (po wcześniejszym uruchomieniu polecenia ADD).

W tym momencie definicja rezystora jest kompletna. Możemy go już użyć na schemacie.

*Pamiętajmy, aby załadować nową bibliotekę za pomocą polecenia USE. W przeciwnym wypadku nie będzie ona dostępna po wywołaniu polecenia ADD.*

## Rozdział 14: **Tworzenie rysunków i danych.**

Program EAGLE umożliwia tworzenie rysunków, które mogą być później wykorzystane, na przykład, w dokumentacji projektu. Każdy schemat możemy wydrukować. Służy do tego polecenie PRINT. Znajdziemy go w menu *File* w module Schematic lub Layout Editor. Do drukowania możemy użyć dowolnej drukarki zainstalowanej w systemie. Wersja przeznaczona dla środowiska Linux generuje pliki Postscript, które mogą być wysłane do *lpr* lub do pliku. Wydruk rysunku zostanie wygenerowany z aktualnego okna edytora i z aktualnymi ustawieniami warstw (polecenie DISPLAY).

Klisza oraz dane produkcyjne są generowane za pomocą procesora CAM. Uruchamiamy go za pomocą odpowiedniej ikony znajdującej się na pasku narzędzi w oknie Layout Editor. Procesor CAM używa swoich własnych sterowników, które mogą być dowolnie definiowane i modyfikowane przez użytkownika (plik *eagle.def* znajdujący się w katalogu *eagle/bin*).

Dane potrzebne do wykazu materiałów, montażu, frezowania i testowania mogą być generowane za pomocą programów EAGLE User Language.

### **14.1 Przenoszenie schematów na papier za pomocą polecenia PRINT**

Schemat zapisany w pliku *demo1.sch* może być wydrukowany w kolorze czarno-białym i w pełnym formacie na jednej stronie.

Otwieramy plik *demo1.sch* i przy pomocy polecenia DISPLAY zaznaczamy warstwy, które powinny ukazać się na wydruku. Wszystkie widoczne na ekranie warstwy będą wydrukowane. Klikamy na ikonę PRINT znajdującą się na pasku narzędzi. Zatwierdzamy pola *Black*, *Solid* i *Rotate*. Pola *Mirror* i *Upside down* nie są zaznaczone.

W polach *Scale factor* i *Page limit* wpisujemy wartość *1*. Dzięki temu schemat zostanie wydrukowany na jednej stronie w skali 1:1. Jeśli schemat nie będzie mieścił się na jednej stronie, EAGLE automatycznie zmieni jego skalę. Jeśli w polu *Page limit* wprowadzimy wartość *0*, schematy będą zawsze drukowane w skali 1:1. Za pomocą przycisku *Printer* możemy wybrać odpowiednią drukarkę.

Przycisk *Page* otwiera ustawienia parametrów strony. Zatwierdzenie pola *Caption* powoduje, że rysunek będzie drukowany wraz ze stopką, zawierającą informacje na temat nazwy pliku, daty, czasu i współczynnika skali.

## 14.2 Generowanie plików obrazu do dokumentacji

Aby wygenerować pliki obrazu, używamy polecenia *EXPORT* z opcją *IMAGE*. Możemy tworzyć pliki w różnych formatach (bmp, tif, png i inne) lub użyć schowka.

## 14.3 Generowanie danych Gerber przy pomocy procesora CAM

Te same kroki są zwykle używane dla płytek gdy generowane są klisze i dane produkcyjne. Proces ten możemy znaleźć w zadaniach procesora CAM. Plik *gerber.cam*, który możemy odnaleźć w domyślnym podkatalogu dla zadań procesora CAM automatyzuje wyjścia danych Gerber dla płytek dwustronnych.

***Uwaga: Proces ten może być używany tylko dla fotoploterów Gerber z elastyczną aperturą kół, nie dla fotoploterów z niezmienną aperturą kół.***

Ładujemy zadanie do procesora CAM, klikając dwukrotnie na *gerber.cam* w drzewie katalogów Panelu Sterowania (*CAM Jobs*) lub klikając ikonę CAM Processor w module Layout Editor i wybierając *gerber.cam* w oknie dialogowym (*File/Open/Jop*).

Jeśli uruchomiliśmy zadania procesora CAM z Panelu Sterowania, otwieramy plik *demo3.brd* (Odpowiednio *File/Open/Board*). Klikamy przycisk *Process Job* i potwierdzamy operację *Delete name.\$\$\$...* i *More than ...* klikając na *OK*.

Wszystkie niezbędne pliki zostaną zapisane do katalogu *Project* (gdzie umieszczone są rysunki i płytki dla tego projektu).

Poniższa tabela (Tab. 5) przedstawia znaczenie plików:

**Tab. 5**

<b>Plik</b>	<b>Znaczenie</b>
<i>demo3.cmp</i>	strona elementów
<i>demo3.sol</i>	strona lutów
<i>demo3.plc</i>	siatka dla strony elementów
<i>demo3.stc</i>	maska lutownicza dla strony elementów
<i>demo3.sts</i>	maska lutownicza dla strony lutów
<i>demo3.whl</i>	plik apertury kół
<i>demo3.gpi</i>	plik informacyjny, nie powiązany
<i>demo3.\$\$\$</i>	plik tymczasowy, do usunięcia

#### **14.4 Generowanie danych do wiercenia**

Dane do wiercenia mogą być generowane za pomocą zadania *excellon.cam*. Zadanie to zawiera jeden podstawowy krok: generuje plik zawierający dane do wiercenia oraz stół. Stworzony plik nosi nazwę *extension.drd*. Więcej informacji na temat zadań procesora CAM znajdziemy w pomocy programu.

#### **14.5 Kolejne dane produkcyjne**

EAGLE dostarcza wiele programów nazywanych User Language Programs, które potrafią generować różnorodne dane: dla maszyn montujących, sprzętu pomiarowego, wykonawców płytek (liczba wierceń, warstwa itd.), wykazów materiałów i danych potrzebnych do frezowania płytki.

Listę tych wszystkich programów możemy odnaleźć w drzewie katalogów w Panelu Sterowania (gałąź *User Language Programs*). Klikamy na żądany program, aby otrzymać informacje na jego temat. Informacje te zostaną wyświetlone z prawej strony okna.

## 14.6 Język programowania (EAGLE User Language)

Program EAGLE zawiera zintegrowany, podobny do C język programowania (User Language), który posiada dostęp do wszystkich danych (w EAGLE lub w plikach zewnętrznych). Programy User Language mogą tworzyć pliki dowolnego typu, a następnie generować dowolne formaty danych używanych przez inne programy lub sprzęt. Dobrym przykładem jest plik *bon.ulp*, generujący listę materiałów.

Język User Language jest wystarczającym narzędziem do definiowania własnych poleceń, które później mogą być uruchamiane, na przykład, poprzez naciśnięcie odpowiednich klawiszy funkcyjnych.

Mnóstwo pomysłów wykorzystania programów User Language znajdziemy w plikach z rozszerzeniem \*.ulp oraz w pomocy programu (rozdział poświęcony językowi User Language). Dodatkowe programy User Language możemy znaleźć na stronie internetowej:

**<http://www.cadsoftusa.com/download.htm>**

## 14.7 Pliki skryptów

Pliki skryptów to pliki tekstowe zawierające dowolne polecenia EAGLE (komenda SCRIPT). Pliki skryptów umożliwiają użytkownikowi wprowadzanie swoich własnych funkcji. W ten sposób otrzymujemy elastyczny interfejs wejściowy, zdefiniowany za pomocą poleceń EAGLE (pomoc programu EAGLE).

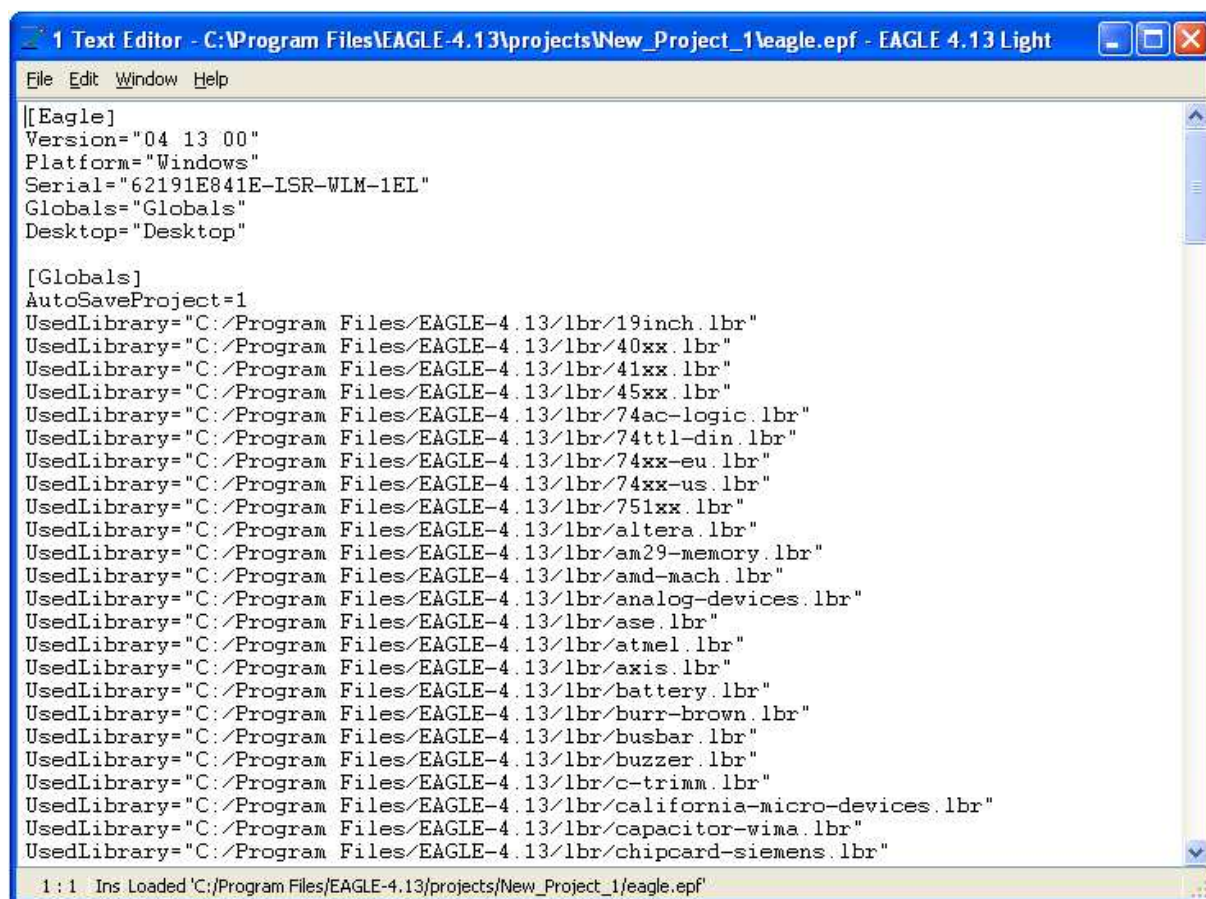
Uruchamiamy Edytor bibliotek, a następnie za pomocą EXPORT SCRIPT (po załadowaniu biblioteki) generujemy plik skryptu. Jest to bardzo dobry przykład do nauki składni poleceń EAGLE.

## Rozdział 15: Okno edytora tekstów

Program EAGLE zawiera prosty edytor tekstów. Możemy używać go do edytowania plików skryptu, programów User Language lub innych plików tekstowych.

Klikamy prawym przyciskiem myszy w obszarze pisania. Zostanie wyświetlone menu kontekstowe. Zawiera ono różnego rodzaju funkcje, takie jak: Undo (Cofnij), Redo (Wykonaj ponownie), Cut (Wytnij), Copy (Kopiuj), Paste (Wklej), Clear (Wyczyść) oraz Select all (Zaznacz wszystko).

Na górze okna znajduje się dodatkowo pasek menu. Przy pomocy zawartych w nim poleceń możemy, na przykład, zmienić rozmiar i styl czcionki lub odnaleźć w tekście interesujące nas słowo. Poniższy zrzut ekranu przedstawia okno edytora tekstów (Rys. 20).



Rys. 20

**W oknie (odpowiednio od góry) znajdują się:**

- pasek tytułu (title)
- pasek menu (menu bar)
- pasek stanu

## Rozdział 16: **Dodatkowe polecenia programu EAGLE**

EAGLE zawiera komendy, które nie są wywoływane za pomocą paska narzędziowego poleceń. Niemniej jednak są one równie ważne. Mogą one być uruchamiane za pomocą paska menu, znajdującego się u góry okna lub po prostu wpisywane w linii poleceń. Poniżej znajduje się ich dokładny opis.

### **16.1 Polecenie ASSIGN**

Za pomocą polecenia ASSIGN możemy edytować i dowolnie modyfikować listę klawiszy skrótu wraz z przypisanymi do nich funkcjami. Aby uruchomić polecenie ASSIGN z paska menu wybieramy kolejno *Options/Assign....* Zostanie wyświetlone okno, zawierające dokładny spis wszystkich klawiszy skrótu. Zaznaczamy (lewym przyciskiem myszy) linię *F6 Grid;*. Klikamy przycisk *Change*. Zostanie wyświetlone okno. Z pola *Key* wybieramy *G*. Następnie w polu *Modifier* zaznaczamy *Alt* i klikamy na *OK*. Okno *Assign* zamykamy klikając po raz kolejny na przycisku *OK*. Używamy kombinacji klawiszy ALT+G. Siatka zostanie wyświetlona.

***Uwaga: Przypisanie funkcji klawiszom 0-9 oraz A-Z możliwe jest tylko w przypadku kombinacji tych klawiszy z klawiszami ALT lub CTRL.***

### **16.2 Polecenie CLOSE**

Polecenie CLOSE służy do zamykania aktualnie otwartego okna. Polecenie CLOSE uruchamiamy klikając na *File/Close* lub wpisując w linii poleceń:

***CLOSE***

***Uwaga: Polecenie CLOSE to nie to samo co polecenie EXIT. Polecenie CLOSE zamyka tylko jedno konkretne okno (pozostałe okna programu zostają otwarte), natomiast użycie polecenia EXIT w dowolnym oknie powoduje zamknięcie programu EAGLE wraz ze wszystkimi otwartymi modułami.***

### 16.3 Polecenie EXPORT

Polecenie EXPORT służy do eksportowania danych do pliku (na przykład listy elementów, obrazów itd.). Jest ono bardzo przydatne na przykład, podczas tworzenia dokumentacji projektu. Aby lepiej zrozumieć przydatność tego polecenia, otwieramy plik *demo1.sch*. Następnie w linii poleceń wpisujemy:

#### **EXPORT**

Wpisane polecenie potwierdzamy klawiszem ENTER. Zostanie wyświetlone menu. Klikamy na *Partlist*. W nowo wyświetlonym oknie dialogowym, w polu *Nazwa pliku* wpisujemy *partlist.txt*. W nowo utworzonym pliku zostanie zapisana lista elementów zastosowanych w schemacie. Plik ten zawsze możemy wydrukować lub edytować w dowolnym edytorze tekstów, na przykład w Edytorze tekstów instalowanym wraz z programem EAGLE.

### 16.4 Polecenie UPDATE

Polecenie UPDATE sprawdza elementy na schemacie lub płycie porównując je z elementami znajdującymi się w bibliotece i automatycznie aktualizuje je, jeśli istnieją jakieś różnice (*Library/Update...* lub *Library/Update all*). Menu kontekstowe w Panelu Sterowania oferuje opcje *Use all* lub *Use none*, służące do szybkiego selekcjonowania bibliotek.

## Rozdział 17: **Warstwy i ich zastosowanie**

W przeciwieństwie do wersji Freeware, pełna wersja programu EAGLE oferuje tworzenie płytek wielowarstwowych. Każda z nich posiada inną nazwę, numer oraz zastosowanie. Poniżej znajduje się ich dokładny opis.

### 17.1 Warstwy modułu Layout Editor

Poniższa tabela (Tab. 6) przedstawia warstwy stosowane w module Layout Editor.

**Tab. 6**

<b>Numer</b>	<b>Nazwa</b>	<b>Zastosowanie</b>
1	Top	Ścieżki, wierzchnia strona
2	Route2	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
3	Route3	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
4	Route4	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
5	Route5	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
6	Route6	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
7	Route7	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
8	Route8	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
9	Route9	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
10	Route10	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
11	Route11	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
12	Route12	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
13	Route13	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
14	Route14	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
15	Route15	Wewnętrzna warstwa (sygnał lub zasilanie)
16	Bottom	Ścieżki, dolna strona
17	Pads	Wyprowadzenia
18	Vias	Przelotki
19	Unrouted	Warstwa bez sygnałów

20	Dimensions	Krawędzie płytki
21	tPlace	Siatka, wierzchnia strona
22	bPlace	Siatka, dolna strona
23	tOrigins	Źródła, wierzchnia strona
24	bOrigins	Źródła, dolna strona
25	tNames	Nazwy, wierzchnia strona
26	bNames	Nazwy, dolna strona
27	tValues	Wartości elementów, wierzchnia strona
28	bValues	Wartości elementów, dolna strona
29	tStop	Maska zatrzymania lutu, wierzchnia strona
30	bStop	Maska zatrzymania lutu, dolna strona
31	tCream	Cyna, wierzchnia strona
32	bCream	Cyna, dolna strona
33	tFinish	Wykończenie, wierzchnia strona
34	bFinish	Wykończenie, dolna strona
35	tGlue	Maska kleju, wierzchnia strona
36	bGlue	Maska kleju, dolna strona
37	tTest	Test, wierzchnia strona
38	bTest	Test, dolna strona
39	tKeepout	Strefy niedozwolone dla elementów, wierzchnia strona
40	tKeepout	Strefy niedozwolone dla elementów, dolna strona
41	tRestrict	Strefy niedozwolone dla ścieżek, wierzchnia strona
42	bRestrict	Strefy niedozwolone dla ścieżek, dolna strona
43	vRestrict	Strefy niedozwolone dla przelotek
44	Drills	Wiercenia
45	Holes	Otwory
46	Milling	Frezowanie
47	Measures	Pomiary
48	Document	Dokumentacja
49	Reference	Odniesienia
51	tDocu	Szczegółowy zrzut ekranu wierzchniej warstwy
52	bDocu	Szczegółowy zrzut ekranu dolnej warstwy

## 17.2 Warstwy modułu Schematic Editor i Device Editor

Poniższa tabela (Tab. 7) przedstawia warstwy stosowane w modułach Schematic Editor i Device Editor.

Tab. 7

Numer	Nazwa	Zastosowanie
91	Nets	Sieci
92	Busses	Szyny
93	Pins	Punkty połączeń
94	Symbols	Symbole elementów
95	Names	Nazwy symboli elementów
96	Values	Wartości

Nazwy warstw mogą być zmieniane za pomocą polecenia LAYER w menu DISPLAY. Jeżeli chcemy stworzyć własne warstwy, musimy użyć numerów większych niż 100. Aby stworzyć nową warstwę, uruchamiamy polecenie DISPLAY, a następnie klikamy przycisk *New*. Możemy również użyć linii poleceń. Jeśli chcemy, na przykład, warstwę *layer 200, Remarks*, wpisujemy:

***LAYER 200 Remarks***

Aby ustawić kolor i styl wypełnienia nowo utworzonej warstwy, uruchamiamy polecenie DISPLAY.

## Rozdział 18: **Przykładowy projekt układu elektronicznego**

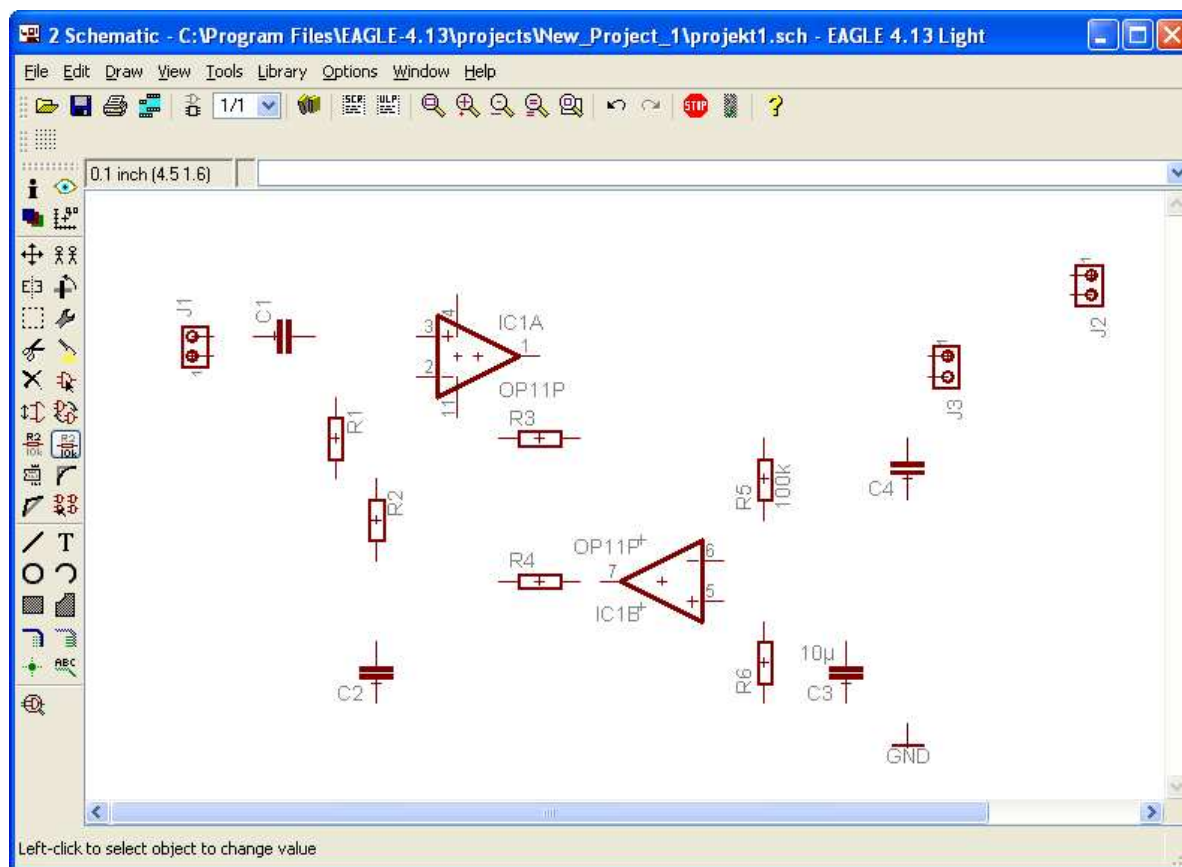
Po przeczytaniu poprzednich rozdziałów, powinniśmy już umieć tworzyć gotowe projekty w programie EAGLE. Spróbujmy teraz wykonać schemat (Załącznik 1) i płytkę wzmacniacza operacyjnego opartego na układzie UCY741 (Załącznik 2). Aby rozpocząć pracę uruchamiamy program EAGLE. W Panelu Sterowania wybieramy odpowiednio *File/New/Schematic*. Zostanie uruchomiony Edytor schematów.

### **18.1 Schemat ideowy**

Rysowanie schematu rozpoczynamy od wprowadzenia elementów układu. W tym celu uruchamiamy polecenie ADD. Z biblioteki wybieramy interesujące nas elementy i umieszczamy je na schemacie. Następnie ponownie wybieramy ikonę ADD. W wyszukiwarce elementów wpisujemy:

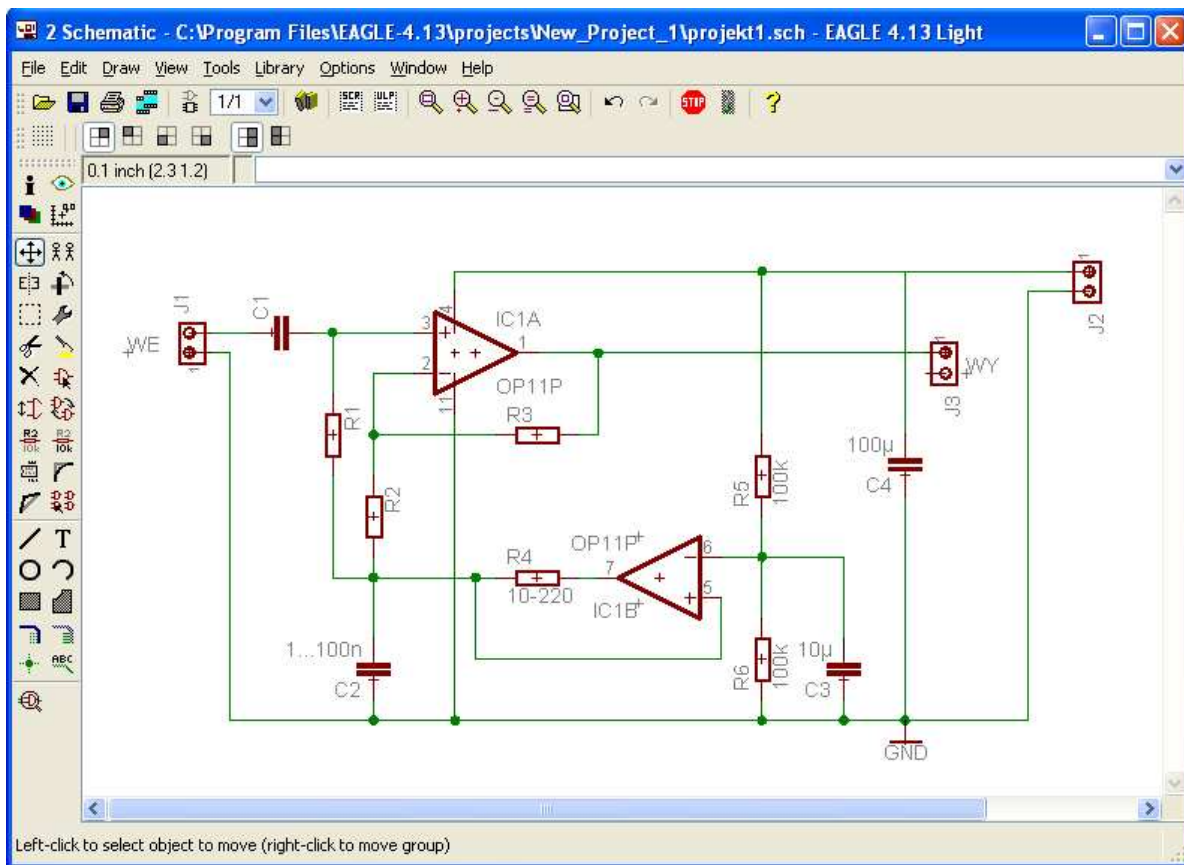
***\*741***

W zależności od tego jakim układem dysponujemy, wybieramy wersję czternasto lub szesnasto-nóżkową. Umieszczamy pierwszy i drugi wzmacniacz na schemacie i klikamy na ikonę ze znakiem STOP. Następnie wybieramy polecenie INVOKE. Z nowo wyświetlonego menu wybieramy *PWR+-* i umieszczamy zasilanie na schemacie. Po wprowadzeniu wszystkich elementów rozmieszczamy je tak, aby ich połączenie (według schematu) nie sprawiało żadnych problemów (Rys. 21).



Rys. 21

Rozpoczynamy prowadzenie ścieżek. W tym celu wybieramy ikonę NET. Liniami łączymy elementy według schematu. Następnie za pomocą polecenia JUNCTION oznaczamy wszystkie węzły znajdujące się na schemacie. Przy pomocy polecenia TEXT natomiast, wprowadzamy dodatkowe informacje, takie jak oznaczenie wejścia bądź wyjścia układu wzmacniacza. Istnieje również możliwość wprowadzenia wartości poszczególnych elementów. W tym celu uruchamiamy polecenie VALUE, a następnie wybieramy interesujący nas element. W nowo wyświetlonym oknie dialogowym wpisujemy dowolną wartość i klikamy na *OK*. W tym momencie schemat jest gotowy (Rys. 22).

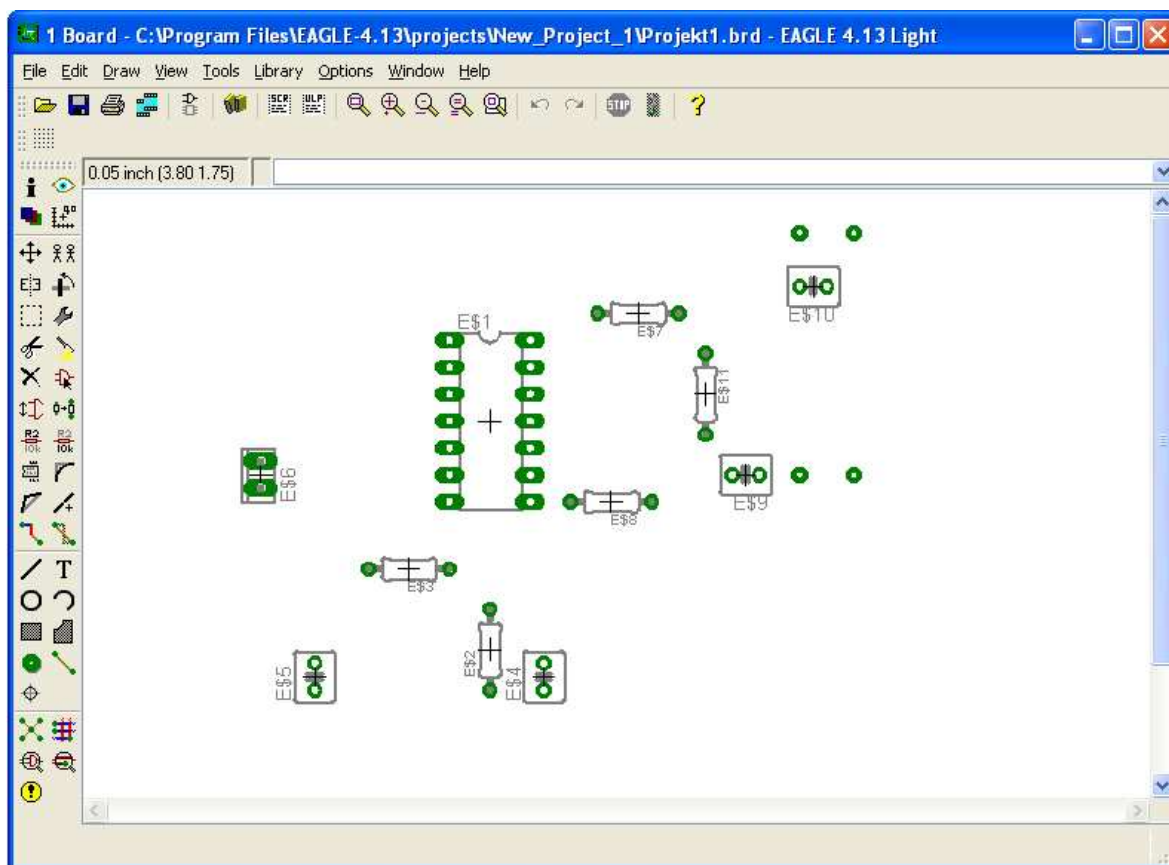


Rys. 22

## 18.2 Płytką drukowaną

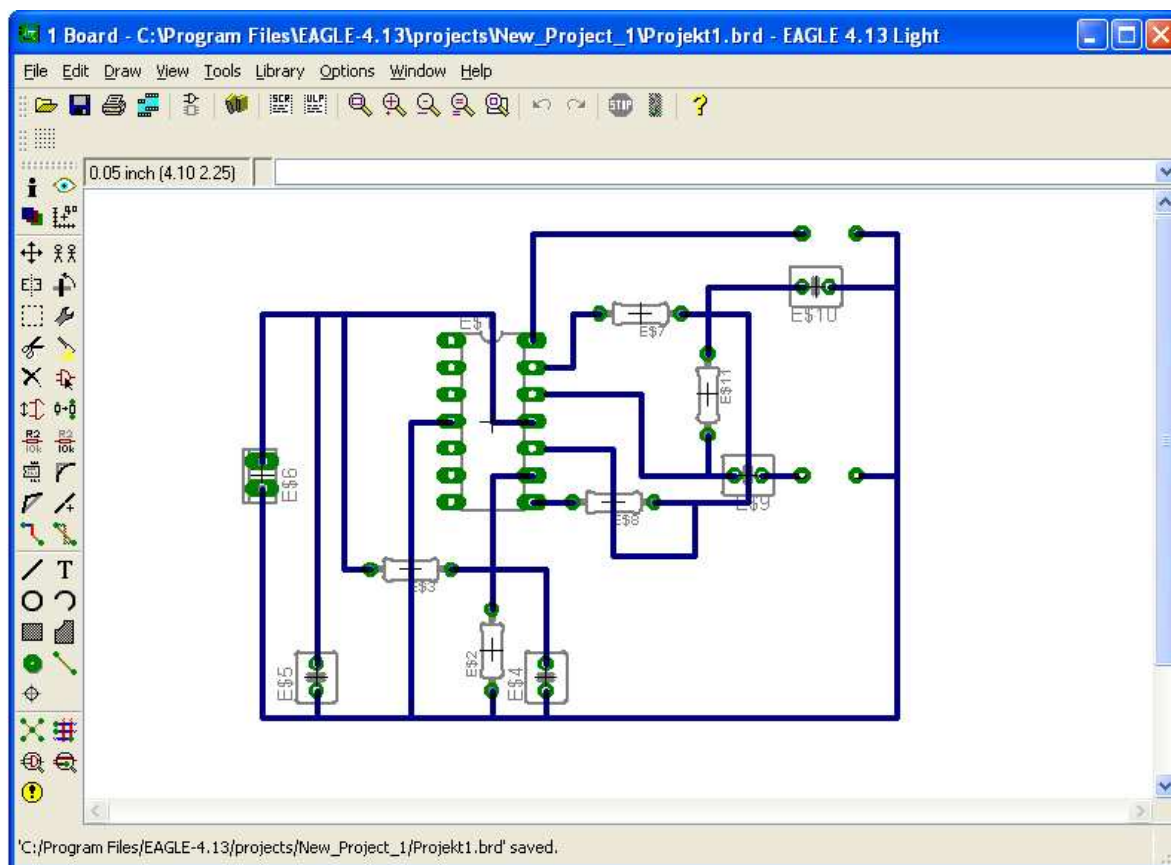
Kolejnym etapem projektu jest stworzenie płytki drukowanej. Można zrobić to na kilka sposobów. Najprostszym jest oczywiście przejście do Edytora płytek drukowanych (za pomocą polecenia BOARD) i wywołanie polecenia AUTO. Autorouter sam poprowadzi za nas ścieżki. Spróbujmy jednak wykonać płytkę samodzielnie.

Uruchamiamy program EAGLE. Z Panelu Sterowania wybieramy odpowiednio *File/New/Board*. Zostanie otwarte okno modułu Layout Editor. Naszą pracę, podobnie jak w przypadku schematu, rozpoczynamy od wprowadzenia elementów. Uruchamiamy polecenie ADD. Z biblioteki wybieramy interesujące nas elementy. W miejsce układu UCY741 wybieramy obudowę czternasto-nóżkową (*DIL14*). Dodatkowe punkty lutownicze tworzymy za pomocą polecenia VIA. Za pomocą paska parametrów możemy ustalić dokładne dane tych punktów, takie jak kształt, średnica (*Diameter*) lub przekrój (*Drill*). Następnie rozmieszczamy wszystkie elementy tak, aby można było swobodnie poprowadzić ścieżki (Rys. 23). Projektując płytkę musimy jednak pamiętać, że ścieżki nie powiązane węzłami nie mogą łączyć się ze sobą.



Rys. 23

Prowadzenie ścieżek rozpoczynamy od wywołania polecenia WIRE. Liniami łączymy wszystkie elementy według schematu ideowego. Przy pomocy paska parametrów możemy dodatkowo zmieniać kształt tych linii, ich grubość (*Width*), styl (*Style*) oraz promień linii zaokrąglonych (*Miter*). Po skończonym prowadzeniu ścieżek płytką jest już prawie gotowa (Rys. 24). Za pomocą polecenia CHANGE możemy jeszcze dodatkowo zmienić grubość poszczególnych linii lub kształt i rozmiar przelotek. Zapisujemy płytkę (najlepiej pod taką samą nazwą jak schemat ideowy). W tym momencie projekt jest już gotowy.



Rys. 24

## Wnioski

Wykonując moją pracę dyplomową, doszedłem do wniosku, że program EAGLE firmy CADSOFT jest interesującym i zarazem bardzo praktycznym narzędziem pracy dla każdego elektronika. Dzięki tej aplikacji tworzenie płytek drukowanych staje się nie tylko łatwe, ale również bardzo przyjemne. Program zawiera bogato wyposażoną bibliotekę elementów, dzięki czemu możliwe jest projektowanie prawie każdego układu elektronicznego. Praktyczną cechą programu jest również funkcja sprawdzania poprawności elektrycznej oraz funkcja automatycznego prowadzenia ścieżek, dzięki której zaprojektowanie płytki drukowanej staje się możliwe również dla początkujących elektroników. Podczas pracy z programem zauważyłem jednak, że w przypadku bardziej zaawansowanych układów elektronicznych EAGLE nie zawsze radzi sobie z automatycznym prowadzeniem ścieżek na jednej warstwie. W takim przypadku należy poprowadzić ścieżki samodzielnie bądź wykorzystać możliwość pracy na dwóch warstwach.

Ponieważ program dostępny jest zarówno w wersji na system operacyjny Microsoft Windows jak i na system operacyjny Linux, zainstalowanie i uruchomienie go na dowolnym komputerze klasy PC nie sprawia najmniejszych kłopotów. Jest to ogromna cecha tej aplikacji, ponieważ dzięki temu nasze stanowisko pracy nie musi znajdować się w domu, lecz w każdym innym miejscu wyposażonym w komputer klasy PC (kafeteria internetowa, szkolna pracownia informatyczna, biuro).

# Bibliografia

Pisząc moją pracę korzystałem z następujących pozycji bibliograficznych:

- plik **tutorial-eng.pdf** pobrany ze strony internetowej <http://www.cadsoftusa.com>
- plik **manual-eng.pdf** pobrany ze strony internetowej <http://www.cadsoftusa.com>
- archiwalny numer czasopisma „Praktyczny elektronik” 02/2000
- archiwalne numery czasopisma „Nowy elektronik” 2/2004, 3/2004, 4/2004
- S.M.H. Collin, C.Głowiński „Słownik komputerów i internetu”
- C.M. Schwarz, M. A. Seaton, J. Fisiak „English Polish Learner’s Dictionary”
- M. M. Berger, T. Jaworska, A. Baranowska, M. Barańska „Słownik naukowo-techniczny angielsko-polski”
- strona internetowa <http://ket5.tuniv.szczecin.pl/aipk/eagle/eaglepol.html>
- strona internetowa <http://ket5.tuniv.szczecin.pl/aipk/eagle1/index.html>

## **Załączniki**