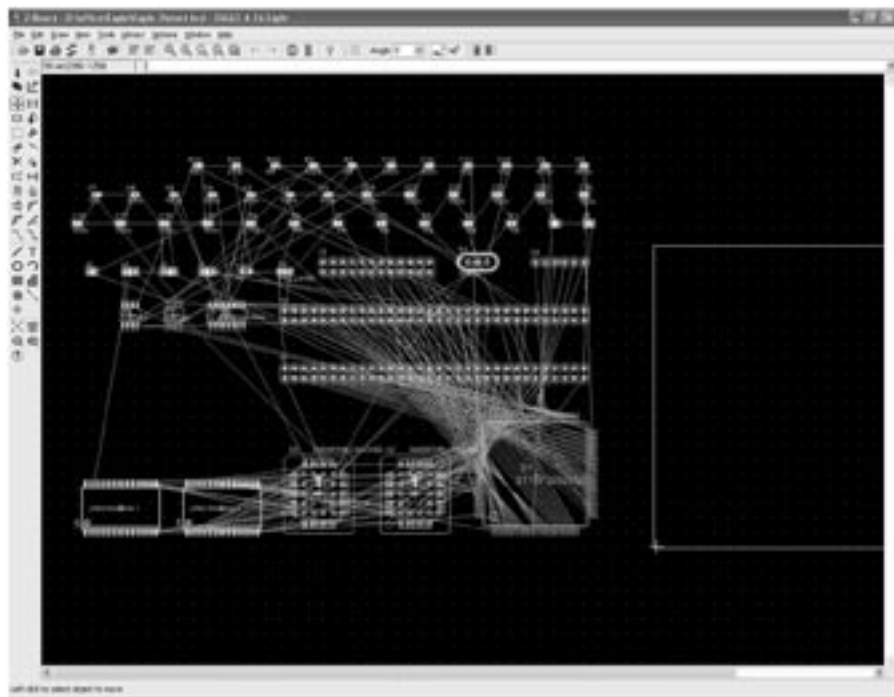


# Kurs obsługi EAGLE, część 4

W kolejnym odcinku naszego cyklu zapoznamy Czytelników z działaniem edytora płytek drukowanych, będącego głównym elementem Pakietu EAGLE. Następnie rozpoczniemy edycję nowej płytki oraz poznamy główne funkcje edytora. Nauczymy się rozmieszczać elementy, krawędzie płytki oraz inne obiekty czysto graficzne. Połączymy poszczególne wprowadzenia elementów przy pomocy ścieżek. Przedstawimy również parę przydatnych programików \*.ulp. Na zakończenie poruszymy jeszcze temat obszarów zabronionych, w których nie wolno umieszczać ścieżek lub przelotek.

Zgodnie z zapowiedzią z zeszłego miesiąca w dzisiejszym odcinku rozpoczynamy opis edytora płytek drukowanych – *Board*. Program ten wraz z modułem autoroutera został umieszczony na naszym komputerze w czasie standardowej instalacji demonstracyjnej wersji EAGLE. Edytor pozwala nam na projektowanie płytki na trzy podstawowe sposoby:

- bez pomocy schematu narysowanego w dowolnym, współpracującym z EAGLE edytorze. Jeżeli nasza płytka składa się z zaledwie paru elementów a schemat mamy wydrukowany lub narysowany na papierze, możemy użyć edytora płytek jako zupełnie niezależnie działającego programu. Obudowy elementów pobierzemy z bibliotek a wyprowadzenia połączymy przy pomocy sygnałów (linie powietrzne), dzięki którym poprowadzimy odpowiednie ścieżki ręcznie lub automatycznie przy pomocy Autorouter;
- za pomocą netlisty utworzonej w innym niż EAGLE edytorze schematów, a następnie przetworzonej do formatu wymaganego przez edytor płytek;
- standardowy, domyślny sposób polegający na użyciu schematu narysowanego w edytorze należącym do pakietu EAGLE.



Ponieważ ostatnia metoda będzie wykorzystywana najczęściej a dwóch pierwszych użytkownik nie będzie prawdopodobnie używał w ogóle, w naszej prezentacji skupimy się głównie na niej.

Jak już wcześniej wspomniano, aby przejść z edytora schematów do edytora płytki nie potrzebujemy listy połączeń (*Netlist*), wystarczy wpisać polecenie **BOARD** lub przycisnąć ikonkę z *Action-Toolbar*. Jeżeli z naszym schematem nie mamy spokrewnionej jeszcze płytki, wyświetlone zostaje okienko z zapytaniem czy chcemy utworzyć nowy plik bazujący na aktualnym schemacie (**rys. 21**) potwierdzamy klikając OK. Zostaje uruchomione okno edytora z pustą płytką, obok niej są umieszczone elementy połączone sygnałami (*Airwires*). Naszą płytkę należy następnie zapisać klikając na ikonkę **SAVE**. Plik z płytką zostaje umieszczony w katalogu w którym znajduje się plik ze schematem, oraz otrzymuje jego nazwę z rozszerzeniem zmienionym na \*.brd.

Płytką jest połączona ze schematem systemem *Forward&Back Annotation*, dla


tego wszystkie zmiany wprowadzane na schemacie są automatycznie wprowadzane na płytkę i odwrotnie. Przykładowo zmiana nazw elementów lub połączeń na płytce jest automatycznie wprowadzana do schematu. Od tego momentu, aby zachować konsystencję projektu w czasie pracy z pakietem EAGLE muszą być uruchomione oba moduły jednocześnie, schemat oraz płytka. Jeżeli przykładowo przez nieuwagę zostanie zamknięty edytor płytki, a na schemacie dokonamy zmian to konsystencja projektu zostanie utracona. Aby ją ponownie uzyskać, musimy wszystkie różnice pomiędzy płytką a schematem skorygować ręcznie. Różnice te wskaże nam protokół powstały po wykonaniu polecenia ERC. Konsystencja projektu jest bardzo ważnym elementem, dzięki niej mamy pewność że sieć połączeń na płytce dokładnie odpowiada połączeniom na schemacie.


W oknie edytora płytki rozkład pasków narzędziowych jest identyczny





Rys. 21.


ny jak w oknie edytora schematów. Również większość elementów znajdujących się na nich ma te same funkcje oraz działanie. Znajdujący się po lewej stronie *Command-Toolbar* jest wzbogacony o następujące funkcje:


 **REPLACE** – zmiana obudowy na dowolną inną pobraną z biblioteki. Funkcja ta dostępna jest tylko wtedy gdy pracujemy z płytką bez skojarzonego schematu. W przypadku projektu z zachowaną konsystencją, obudowy niektórych elementów możemy zmienić używając komendy **CHANGE PACKAGE**.


 **OPTIMIZE** – składa leżące w jednej linii segmenty utworzone poleceniem **WIRE** w jeden ciągły element. W menu *Options* możemy zaznaczyć optymalizację automatyczną, przeprowadzaną na bieżąco w czasie kreślenia.


 **ROUTE** – Ręczne prowadzenie ścieżek. Chyba najczęściej używana komenda zamieniająca linie powietrzne na połączenia elektryczne.


 **RIPUP** – polecenie działające odwrotnie niż poprzednio opisane. Umożliwia zmianę poszczególnych segmentów ścieżek na linie powietrzne. Przez co możemy je później inaczej poprowadzić. Komenda ta zmienia również wyliczone poligony w ich obrys.


 **VIA** – Wstawianie przelotek do płytki. Jeżeli w czasie kreślenia zmienimy płaszczyznę na której umieszczamy ścieżkę to przelotka zostanie dodana automatycznie. Aby podłączyć nową przelotkę do istniejącego sygnału wystarczy nazwać ją tak jak interesujący nas sygnał (polecenie **NAME**).


 **SIGNAL** – Ręczne łączenie wyprowadzeń poszczególnych elementów. Ograniczenia takie same jak przy komendzie **REPLACE**. W przypadku płytki skojarzonej ze schematem połączeń dokonujemy na schemacie.

 **HOLE** – całkiem normalny otwór (przewiert) nie bez połączenia elektrycznego pomiędzy górną a dolną warstwą płytki.

 **RATSNEST** – Wylicza najkrótsze linie powietrzne oraz rzeczywisty kształt poligonów. Obliczanie poligonów możemy wyłączyć w menu *Options*. W czasie rysowania ścieżki poleceniem **ROUTE**, określona najkrótsza linia powietrzna jest wyliczana automatycznie na bieżąco.

 **AUTO** – uruchomienie autoroutera


 **DRC** – Zdefiniowanie reguł rządzących projektem, oraz uruchomienie programu sprawdzającego czy są one zachowane.

 **ERRORS** – uruchamia okienko w którym wyszczególnione są wszystkie błędy wykryte poleceniem **DRC**.

Jednym z pierwszych kroków który wykonamy w przypadku projektowania nowej płytki jest określenie jej kształtu, a więc zaznaczenie jej krawędzi. W prawej części okna edytora płytki widzimy prostokąt o wymiarach ok. 80x100 mm jest to zarys płytki automatycznie wstawiony przez program. Jego Kształt możemy zmienić używając poleceń **MOV**, **MITER** oraz **SPLIT**. Możemy go również całkowicie usunąć, po czym narysować go ponownie w interesującym nas, innym rastrze lub kształcie. Obrys płytki umieszczamy zawsze na płaszczyźnie nr 20 - *Dimension*, a grubość linii ustalamy na zero. Ponieważ w Polsce przyjęty jest system metryczny najlepiej obrys płytki wykonać w rastrze 1 mm lub, jeżeli potrzebna jest większa dokładność 0,1 mm. Ustawień tych dokonujemy identycznie jak w edytorze schematu, po wykonaniu polecenia **GRID**. Narysujmy obrys płytki poleceniem **WIRE**, tak aby dolny lewy jej róg znajdował się w punkcie o współrzędnych 0,0. Nie zapominajmy iż wymiary naszej płytki nie mogą przekraczać 100x80 mm oraz że obrys musi być figurą zamkniętą. Czasami projektowana płytki musi mieć kształt inny niż prostokąt. Zmieniając kąt zagięcia (**WIRE\_BEND**) w funkcji **WIRE** (klikając prawym klawiszem myszy w czasie kreślenia) nadamy jej dowolny kształt. Możemy użyć również polecenia **ARC** dzięki któremu dodamy potrzebne nam zaokrąglenia.

W następnej kolejności powinniśmy określić reguły, według których płytki zostanie zaprojektowana. Regułami tymi będzie posługiwał się również autorouter, na bazie nich obliczane są poligony oraz określane parametry przelotek

i otworów pod elementy których średnica jest ustawiona na *Auto*. Główne parametry to minimalna szerokość ścieżek, minimalne odstępki pomiędzy elementami mającymi różne potencjały, minimalne średnice otworów oraz minimalna szerokość otoczki otworu. Wartości te są różne w zależności od technologii w jakiej zostanie wykonana płytki. Jeżeli nasza płytki będzie wyprodukowana w profesjonalnym zakładzie (a nie w domowej łązience) musimy skonsultować się z działem technicznym producenta w celu określenia najważniejszych parametrów. Niektórzy producenci przedstawiają na swoich stronach internetowych możliwości techniczne, czyli wszystkie potrzebne nam wymiary minimalne. Jeżeli płytkę wykonamy w warunkach domowych to wartości musimy określić według naszego doświadczenia, dokładności, oraz metody jaką naszą płytkę wykonamy (w przypadku metody fotochemicznej i dobrej drukarki laserowej osiągnięcie minimalnej grubości ścieżek na poziomie 0,3 mm nie stanowi dzisiaj problemu).

Dostęp do panelu w którym określimy reguły projektowania mamy po wykonaniu komendy **DRC** lub kliknięciu na ikonkę . W otwartym okienku mamy dostęp do dziesięciu zakładki (**rys. 22**). Na pierwszej z nich *File* mamy możliwość odczytu lub zapisu określonych przez nas dla danej technologii ustawień. Aktualne parametry towarzyszą projektowi i są dopisywane do niego po przyciśnięciu klawisza *Apply*.

Następna zakładka *Layers* nie ma dla nas dużego znaczenia z powodu ograniczenia do dwóch płasz-



Rys. 22.



Rys. 23.

czyzn na których możemy umieszczać ścieżki. Możemy jednak określić grubość warstwy miedzi (*Copper*) którą będzie pokryty stosowany przez nas laminat oraz grubość jego samego (*Isolation*). Następnie w linii-*Setup* określimy budowę laminatu. I tak, jeżeli projektujemy płytke jednostronną, gdzie miedź znajduje się od spodu -*Bottom* (od strony lutowania) wpisujemy wartość 16. Jeżeli warstwa miedzi znajduje się na górze -*Top* (od strony elementów) wpisujemy 1. Jeżeli projektujemy płytke dwuwarstwową to wpisujemy (1\*16). Nawiasy półokrągłe informują program że będziemy stosować przelotki.

Na zakładce *Clearance* możemy zdefiniować minimalne odległości pomiędzy poszczególnymi elementami. Wartości te możemy definiować osobno dla sygnałów o różnym, oraz o tym samym potencjale. Jeżeli wcześniej przy pomocy polecenia *Class* zostały zdefiniowane sygnały z innymi minimalnymi odległościami, to w czasie sprawdzania błędów program użyje wartości mniej krytycznej.

Zakładka *Distance* umożliwia nam określenie minimalnej odległości pomiędzy krawędzią płytki a innymi obiektami, które ostatecznie będą znajdować się w miedzi na górnej lub dolnej stronie płytki. Możemy zdefiniować również minimalne odstępki pomiędzy otworami wierconymi w płytce.

Na zakładce *Sizes* określamy minimalne szerokości ścieżek średnice otworów oraz parametry mikro przelotek.

Na następnej zakładce *Restring* określamy parametry otoczki miedzianej pozostającej na około otworu po jego wywierceniu (rys. 23). Mamy możliwość wpisania różnych wartości dla warstw zewnętrznych oraz wewnętrznych, a w przypadku pinów możemy również zdefiniować różne parametry dla warstwy górnej oraz dolnej.

Zakładka *Shapes* podzielona jest na dwie części. W pierwszej możemy podać stopień zaokrąglenia powierzchni SMD. W drugiej definiujemy (osobno dla warstwy górnej oraz dolnej) kształt padów dla elementów przewlekanych. Jeżeli zaznaczymy *As in library* program pozostawi niezmiennione, zdefiniowane w bibliotekach kształty.

Następna zakładka *Supply*, pozwala na zdefiniowanie kształtów pól typu *thermal* na automatycznie definiowanych warstwach zasilania. Wartość z pola *Isolate Thermal* jest używana również przy obliczaniu polygonów z włączoną opcją *Thermal*. Zaznaczenie opcji *Generate Thermals for Vias* umożliwia stosowanie pól termicznych również dla przelotek.


Na zakładce *Masks* określamy stopień powiększenia pól w masce lutowniczej, oraz w sicie służącym do nanoszenia pasty lutowniczej na pola SMD. W polu *Limit* podajemy minimalną średnicę przelotki która nie zostaną zakryte maską lutowniczą. Przykładowo dla wartości 16 mils wszystkie przelotki o średnicy poniżej 16 mils będą w pełni pokryte maską lutowniczą, natomiast

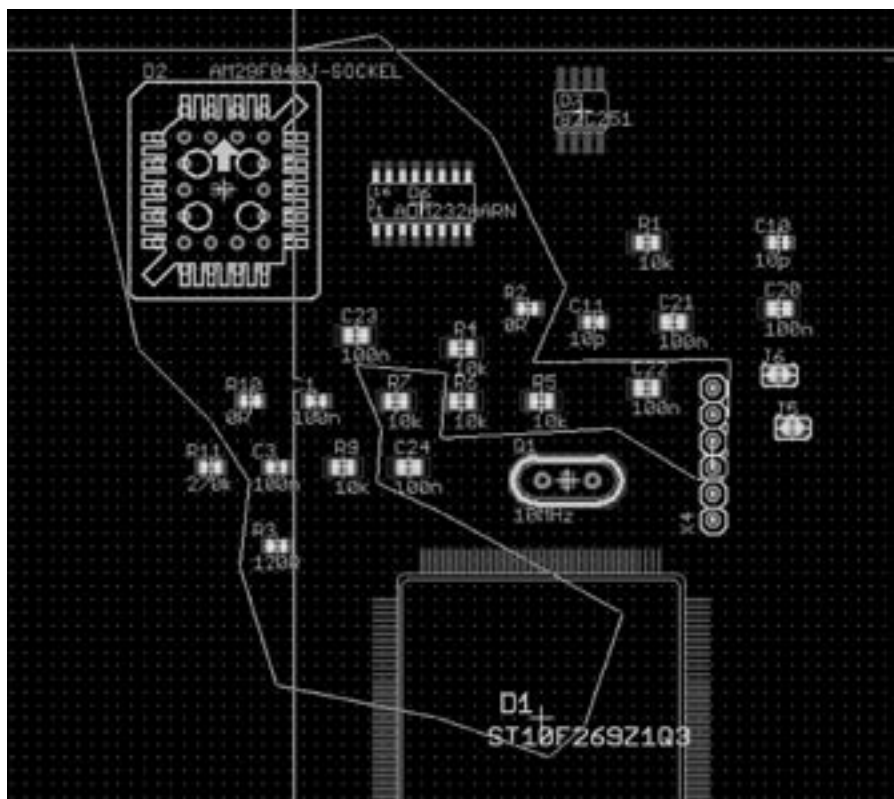
o średnicy 16 mils i większej zostaną odkryte.

Na ostatniej zakładce *Misc* możemy włączyć lub wyłączyć dodatkowe elementy które będą sprawdzane podczas testu DRC. Po zaznaczeniu opcji *Check Grid* program sprawdzi czy wszystkie elementy leżą dokładnie na ustalonym aktualnie rastrze. *Check Angle* sprawdza czy wszystkie ścieżki leżą pod kątem równym wielokrotności 45 stopni. *Check Font* sprawdza czy wszystkie teksty umieszczone na płytce są napisane czcionką wektorową, jeżeli nie to zgłasza błąd. W ostatnim okienku *Check restrict* włączamy sprawdzanie powierzchni miedzi w obszarach zakazanych.

Po wpisaniu wszystkich niezbędnych wartości przyciskamy pole *Apply*. Możemy również zapisać nasze ustawienia pod zmienioną nazwą używając przycisku *Save as...* (zakładka *File*). Aby wyjść z testu DRC przyciskamy pole *Cancel*. Przyciskając pole *OK* rozpoczynamy test DRC, jeżeli nie wprowadzaliśmy jeszcze żadnych zmian na płytce to prawdopodobnie nie mamy żadnych błędów i w linii statusu (na dole okna edytora) ukaże się komunikat informujący nas o tym: *DRC: No errors*. Do testu DRC wrócimy jeszcze później gdy zrobimy już parę błędów, najpierw przejdźmy jednak do następnego kroku niezbędnego przy projektowaniu płytki, czyli do rozmieszczenia elementów.

Zanim zaczniemy je jednak rozmieszczać musimy zmienić raster z metrycznego na calowy, najlepiej na 100 lub 50 mils. EAGLE nie ma niestety wbudowanego modułu automatycznego rozmieszczania elementów, ze strony internetowej producenta można jednak ściągnąć programiki *ulp* pomagające nam w tym (*autoplace\_v3.ulp* oraz *place50.zip*). Ich działanie polega na rozmieszczeniu elementów w sposób podobny jak są one rozmieszczone na schemacie i przydatne są praktycznie tylko przy projektach składających się z elementów dyskretnych.

Aby rozmieścić elementy ręcznie użyjemy komendy **MOVE** (komendą tą możemy przesuwac również dowolne inne obiekty znajdujące się na płytce). Po jej wpisaniu lub przyciśnięciu ikonki  klikamy lewym przyciskiem myszy na krzyż znajdujący się zazwyczaj na środ-




Rys. 24.


ku elementu który chcemy przesunąć. Element zostaje „przyklejony” do kursora i możemy go przemieścić w dowolne inne miejsce. Jeżeli w czasie przesuwania elementu klikniemy środkowym klawiszem myszy, element zostanie przełożony na przeciwną stronę płytki, czyli z warstwy górnej (TOP) na warstwę dolną (BOTTOM) lub odwrotnie. Działanie tej funkcji jest identyczne jak funkcji **MIRROR** i najlepiej widoczne w przypadku elementów SMD, gdzie możemy zaobserwować natychmiastową zmianę koloru ich pól lutowniczych. Gdy przy przesuwaniu klikniemy prawym klawiszem element zostanie odwrócony o 90 stopni. Aby obrócić element o dowolnie wybrany inny kąt, wystarczy wpisać go w okienko *Angle* poczym potwierdzić przez *Enter*. Jeżeli zamierzamy element tylko obrócić, bez jego jednoczesnego przesuwania możemy użyć polecenia **ROTATE**.

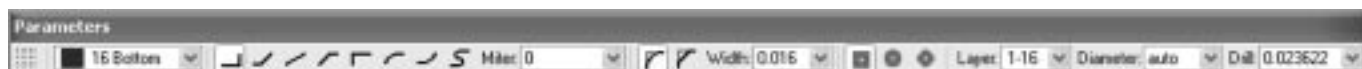
Jeżeli element nie zostanie wskazany jednoznacznie, to kursor zmieni kształt na cztery strzałki, klikając następnie lewym klawiszem myszy podświetlane zostają kolejne

elementy znajdujące się w otoczeniu kursora. Po podświetleniu elementu który chcemy przesunąć klikamy klawiszem lewym poczym przesuwamy go w wybrane przez nas miejsce. Czasami zdarza się że elementy rozmieszczone w innym niż aktualny raster nie dają się w niego wpasować. Jeżeli są to pojedyncze przypadki to wystarczy nazwę danego elementu wpisać z klawiatury, po wciśnięciu *Enter* element zostanie podklejony do kursora. Jeżeli mamy do czynienia z większą liczbą elementów, to warto użyć programu *Snap50.ulp* (dostępny w pakiecie *hvpack10.zip* na stronie internetowej producenta), który tworzy skrypt po uruchomieniu którego elementy zostają rozmieszczone w rastrze 50 mil. Elementy możemy przesunąć tylko wtedy gdy widoczne są ich punkty zaczepienia (krzyż wewnątrz elementu), które to znajdują się na następujących płaszczyznach: dla elementów na górnej stronie - *Layer 23 tOrigins*, dla elementów znajdujących się na stronie dolnej - *Layer 23 tOrigins*. Aby zabezpieczyć elementy przed przypadkowym przesunięciem może-

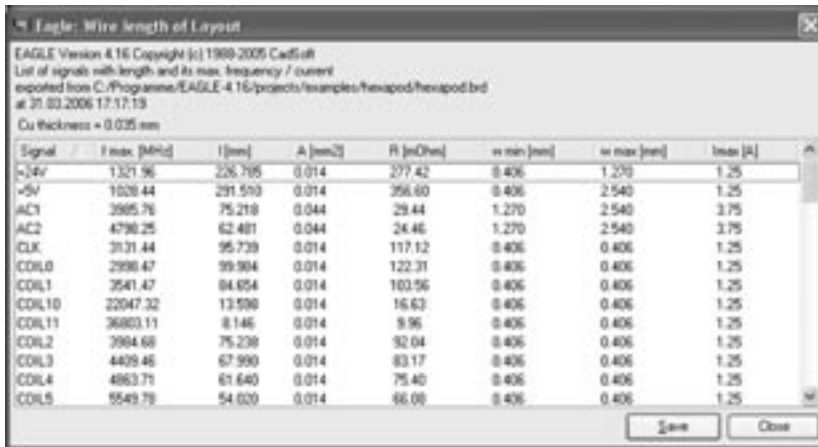
my te płaszczyzny wyłączyć poleceniem **DISPLAY**.

Opisane wyżej polecenia *Move*, *Mirror* oraz *Rotate* możemy stosować nie tylko do pojedynczych obiektów, lecz również dla wielu, wyróżnionych poleceniem **GRO-UP**. Aby dokonać zmian na grupie musimy kliknąć nie lewym, lecz prawym klawiszem myszy. Polecenie wpisujemy z klawiatury lub przyciskamy ikonę . Mamy następnie możliwość grupowania elementów przy pomocy prostokąta, lub przy pomocy krzywej. W pierwszym przypadku przyciskamy lewy klawisz i trzymając go ciągniemy prostokąt nad interesującymi nas elementami. W przypadku krzywej klikamy lewym klawiszem rysując krzywą naokoło wybranego obszaru (rys. 24), krzywą zamykamy kliknięciem klawisza prawego. Program podświetla następnie wybrane przez nas elementy.

Gdy wszystkie elementy znalazły już swoje miejsce na płycie, możemy przystąpić do rysowania ścieżek łączących poszczególne wyprowadzenia. Do tego celu służy komenda **ROUTE** lub przycisk . Po jej uruchomieniu klikamy na sygnał który chcemy połączyć (*Airwire*) zostaje on podświetlony, po czym możemy rozmieszczać poszczególne segmenty ścieżek klikając lewym klawiszem myszy. Jeżeli w czasie kreślenia klikniemy prawym klawiszem, zostanie zmieniony styl zagięcia ścieżki. Styl możemy również zmienić klikając na jedną z ikoniek znajdujących się na pasku *Parameters* (rys. 25). Jeżeli kreśląc ścieżkę klikniemy środkowym klawiszem myszy, zostanie zmieniona warstwa na której kreślimy. Przelotka łącząca obie warstwy zostaje dodana automatycznie, opcję tą możemy wyłączyć w menu *options (Options-Set..Misc-Auto set junction)*. Numer warstwy na której aktualnie kreślimy jest wyświetlany na pasku *Parameters*. Na pasku tym znajdziemy również parę innych elementów dzięki którym możemy zmienić parametry rysowanej ścieżki. Parametr *Miter* wyostrza lub łagodzi punkty zagięcia ścieżki, ustawiając go na zero włączamy maksymalną ostrość. Następnymi dwoma ikonkami *Round (...)* oraz *Straight (...)* przełączamy



Rys. 25.



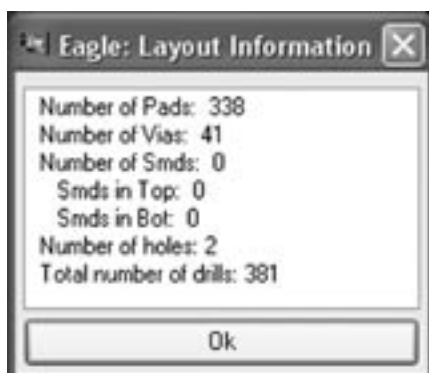
Eagle: Wire length of Layout  
EAGLE Version 4.16 Copyright (c) 1990-2005 CadSoft  
List of signals with length and its max. frequency / current  
exported from C:/Programme/EAGLE-4.16/projects/examples/revpad/revpad.brd  
at 31.03.2006 17:17:13  
Cu thickness = 0.035mm

Signal	F max [MHz]	L [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	R [mOhm]	w min [mm]	w max [mm]	I max [A]
C24v	1321.96	226.795	0.014	277.42	0.406	1.270	1.25
-5V	1020.44	291.570	0.014	356.60	0.406	2.540	1.25
ACT	3995.76	75.219	0.044	29.44	1.270	2.540	3.75
ACC	4790.25	62.481	0.044	24.46	1.270	2.540	3.75
CLK	3131.44	95.739	0.014	117.12	0.406	0.406	1.25
CDL0	2990.47	99.904	0.014	122.31	0.406	0.406	1.25
CDL1	2541.47	94.654	0.014	103.96	0.406	0.406	1.25
CDL10	22047.32	13.590	0.014	16.63	0.406	0.406	1.25
CDL11	36803.11	8.146	0.014	9.96	0.406	0.406	1.25
CDL2	3984.68	75.238	0.014	32.04	0.406	0.406	1.25
CDL3	4429.46	67.990	0.014	83.17	0.406	0.406	1.25
CDL4	4863.71	61.640	0.014	75.40	0.406	0.406	1.25
CDL5	9549.79	54.020	0.014	66.00	0.406	0.406	1.25

Rys. 26.

kształt złagodzenie ścieżki na łuk lub proste. W polu *Width* definiujemy szerokość ścieżki. Potrzebną nam wartość możemy wybrać z rozwijanego menu, lub wpisać z klawiatury. Następne trzy ikonki służą do zmiany kształtu przelotek. Do wyboru mamy przelotki kwadratowe, okrągłe lub ośmiokątne. Dalej możemy zmienić warstwy, pomiędzy którymi zostaną utworzone połączenia przy pomocy przelotek. Ponieważ używamy wersji demo programu EAGLE ograniczonej do tylko dwu warstw miedzi, w okienku tym wyświetlona jest tylko jedna możliwość: 1-16. W polu *Diameter* ustalamy średnicę zewnętrzną przelotki. Wartość tam wpisywaną najlepiej ustalić na *Auto*, wtedy to przelotki będą miały średnicę którą zdefiniowaliśmy wcześniej w oknie *DRC*. W ostatnim polu *Drill* ustalamy średnicę otworu wierconego w przelotce.

W czasie rozmieszczania ścieżek program wylicza automatycznie najkrótsze połączenie do najbliższego punktu danego sygnału. Używając polecenia **RATSNest** (...) program określa najkrótsze połączenia dla wszystkich sygnałów znajdujących się na płytce. Warto go użyć wielokrotnie



Eagle: Layout Information

Number of Pads:	338
Number of Vias:	41
Number of Smds:	0
Smds in Top:	0
Smds in Bot:	0
Number of holes:	2
Total number of drills:	381

Ok

Rys. 27.

w czasie projektowania, skutki jego działania możemy zawsze cofnąć (jak zresztą każdej innej funkcji) poleceniem **UNDO**.

Narysowane już ścieżki możemy przesuwac poleceniem **MOV** (...). Możemy do nich dodać nowe punkty zagięcia - polecenie **SPLIT**. Możemy również złagodzić lub wyostrzyć ich zagięcia: polecenie **MITER**. Przy pomocy polecenia **CHANGE** zmieniamy szerokość danego segmentu ścieżki lub przesuwamy go na inną warstwę, przelotki (jeśli są potrzebne) zostaną dodane automatycznie. W pierwszym przypadku klikamy na opcję *Change-Width* następnie wybieramy potrzebną nam wartość i klikamy na segment którego szerokość chcemy zmienić. Jeżeli wymaganej przez nas wartości nie ma w rozwijanym menu, to możemy ją w czasie zmieniania szerokości wpisać z klawiatury i potwierdzić przez *Enter*. Aby natomiast przenieść ścieżkę na inną warstwę należy zaznaczyć *Change-Layer...* w powstałym następnie okienku wybieramy potrzebną nam warstwę. Pamiętajmy że ścieżki umieszczamy tylko na warstwach 1-*Top* oraz 16-*Bottom*, na pozostałych warstwach możemy umieszczać dowolne inne elementy graficzne. Aby narysowany już segment ścieżki z powrotem zmienić w *Airline* używamy polecenia **RIPUP** poczym klikamy w wybranym miejscu na ścieżce. Aby pozmieniac wszystkie sygnały, należy (po wydaniu komendy *Ripup*) kliknąć na ikonkę **GO**. W powstałym następnie okienku potwierdzamy nasze zamiary klikając **OK** i wszystkie narysowane już ścieżki zostają zmienione w linie powietrzne. Jeżeli chcemy zmienić tylko wybrane sygnały wystarczy wpisać ich nazwy z klawiatury.

Aby zmienić parametry istniejących już przelotek używamy również polecenia **CHANGE**, tym razem jednak wybieramy odpowiednio: *Diameter* dla zmiany średnicy, *Drill* - zmiana otworu wierconego, *Shape* - zmiana kształtu, *Via* - zmiana warstw łączonych przez przelotkę. Jeżeli chcemy umieścić przelotki w określonych miejscach używamy polecenia **VIAS**. Żeby podłączyć je następnie do istniejących już sygnałów wystarczy nadać im ich nazwy.

Na tym zakończymy opis ręcznego routowania ścieżek, w następnej części artykułu opiszymy autorouter, który nas w tym zadaniu wesprze. Jeżeli potrzebujemy informacji na temat możliwości poprowadzonych przez nas ścieżek to warto uruchomić programik *length-freq-ri.ulp*. W okienku pokazanym na **rys. 26** wyszczególniono wszystkie sygnały znajdujące się na płytce. Obok nich umieszczone są wyliczone wartości, między innymi maksymalna częstotliwość oraz natężenie prądów płynących przez nie. Innym przydatnym programikiem jest plik *count.ulp*. Jego uruchomienie powoduje otwarcie okna widocznego na **rys. 27**, w którym umieszczono informacje na temat liczby otworów na płytce (*Pads*, *Vias*, *Holes*) oraz liczby pól SMD (razem oraz osobno dla warstwy *Top* i *Bottom*). Informacje te mogą być potrzebne w czasie składania zapytania do firmy która wyprodukuje nam naszą płytkę.

Na zakończenie artykułu warto wspomnieć jeszcze o obszarach zabronionych. Edytor płytki drukowanej ma możliwość określenia obszarów w których nie dopuszczalne jest prowadzenie ścieżek lub umieszczenie przelotek. Uruchomiony później test *DRC* sprawdza czy znajdują się tam takowe i jeżeli tak to sygnalizuje błąd. Obszary te są zwykłymi obiektami graficznym które umieszczamy na następujących płaszczyznach:

*41-tRestrict* Dla warstwy TOP

*42-bRestrict* Dla warstwy BOTTOM

*43-vRestrict* aby uniemożliwić umieszczanie przelotek.

Aby je narysować używamy poleceń **WIRE** - linia, **CIRCLE** - okrąg, **ARC** - łuk, **RECT** - prostokąt, **POLYGON** - wielokąt. Obsługa ich jest zbliżona do obsługi podobnych narzędzi z innych programów graficznych.

inż. Henryk Wieczorek  
henrykwieczorek@gmx.net