



Cadstar w praktyce (10)

Warstwy, ścieżki, połączenia

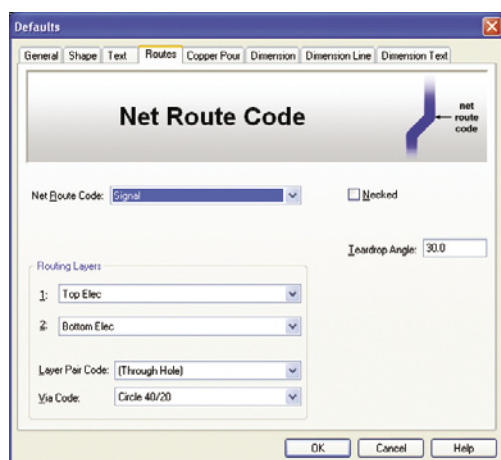
W tej części kursu zapoznamy się z narzędziami pozwalającymi na prowadzenie ścieżek łączących wyprowadzenia elementów. Opiszemy także konfigurację edytora PCB oraz parametry ścieżek i przelotek łączących segmenty z różnych warstw płytki. Poświęcimy trochę czasu na opis poszczególnych warstw składających się na projekt płytki drukowanej. Uruchomimy zintegrowany z edytorem PCB edytor połączeń. Zmienimy również jego główne parametry. Przedstawimy także sposób ręcznego prowadzenia ścieżek oraz zmianę ich parametrów.

W pakiecie Cadstar prowadzenie ścieżek (oraz zalewanie wyznaczonych przestrzeni miedzią lub ewentualna korekta położenia poszczególnych elementów) dokonywane jest w edytorze ścieżek (*Routing Editor*). Edytor ten może być programem zewnętrznym lub programem zintegrowanym z edytorem PCB – *Embedded Editor*. Do opisywanej 9. wersji ewaluacyjnej programu dołączono edytor zewnętrzny – P.R.Editor XR 2000 (poprzednie wersje ewaluacyjne były pozbawione edytora zewnętrznego). Użytkownik ma więc możliwość wyboru pomiędzy edytorem wbudowanym oraz zewnętrznym. Poszczególne, komercyjne wersje pakietu Cadstar wyposażone są w różne wersje Route Edytora, różnią się one możliwościami oraz oczywiście ceną, bazując jednak na tym samym mechanizmie prowadzenia ścieżek. Oprócz podstawowej wersji edytora (XR2000) dostępna jest wersja H5. Jest ona wyposażona w narzędzia pozwalające na tworzenie płytek dla układów, w których występują sygnały o wysokiej częstotliwości. Edytory serii 5000, w szczególności 5000HS, są najbardziej zaawansowanymi, wyposażonymi w dodatkowe narzędzia, elementami pakietu Cadstar. Ze względu na ograniczoną objętość artykułów, przedmiotem kursu jest edytor wbudowany – *Embedded Editor*. Pomimo jego ograniczeń nadaje się on w zupełności do amatorskiego projektowania płytek.

Przed prowadzeniem jakiegokolwiek ścieżki wykonamy podstawowe ustawienia projektu płytki, ustalimy między innymi liczbę warstw miedzi, wymiary ścieżek oraz przelotek.

Jako pierwsze skontrolujemy, ew. zmienimy ustawienia domyślne prowadzenia ścieżek. Są one dostępne w zakładce *Routes* okienka *Defaults* (rys. 117). Użytkownik ma możliwość modyfikacji następujących parametrów:

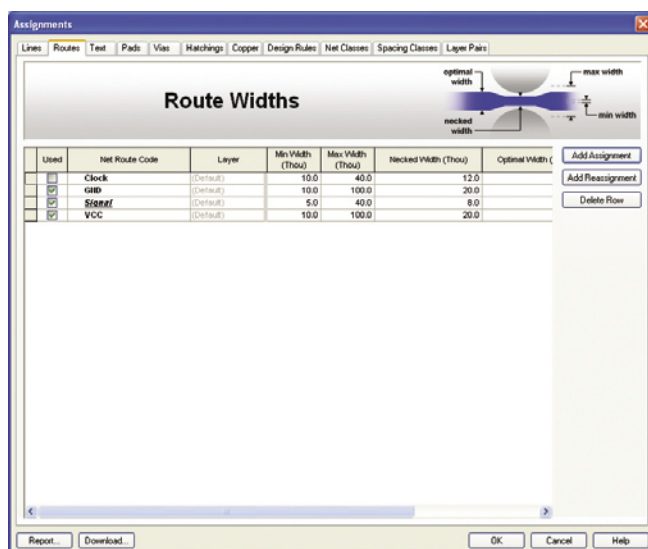
- *Net Route Code* – pozwala na określenie, który z wcześniej zdefiniowanych zestawów szerokości ścieżki zostanie użyty jako domyślny. Opis tworzenia nowych zestawów znajduje się nieco dalej.



Rys. 117. Ustawienia domyślne ścieżek

- *Necked* – zaznaczenie kontrolki spowoduje prowadzenie węższych ścieżek, ich szerokość określamy w zakładce *Routes* okienka *Assignments*.
- *Teardrop Angle* – program Cadstar pozwala na dodawanie łagodnego przejścia pomiędzy polem lutowniczym (lub przelotką) a ścieżką – łezką. Minimalizuje to ryzyko podtrawienia miedzi w tym miejscu. Opisany parametr ma wpływ na jej kształt (jej wielkość).
- *Routing Layers 1, 2* – pola służą do określenia warstw domyślnych, na których autorouter poprowadzi ścieżki. Parametr ten ma również wpływ na przełączanie się pomiędzy warstwami w czasie ręcznego prowadzenia ścieżek.
- *Layer Pair Code* – pole pozwala na podanie, który z wcześniej zdefiniowanych zasięgów przelotek zostanie użyty jako domyślny. W przypadku płytek wielowarstwowych projektant ma możliwość użycia oprócz przelotek przechodzących przez całą płytkę, przelotek ślepych lub zagrzebanych – łączących tylko warstwy wewnętrzne. Zasięg przelotek możemy ustawić w zakładce *Layer Pairs* okienka *Assignments*.
- *Via Code* – ostatni z opisywanych parametrów służy do określenia, która z wcześniej zdefiniowanych przelotek zostanie użyta jako domyślna.

Po dokonaniu potrzebnych zmian opuszczamy okienko klikając OK. Przyjrzyjmy się teraz bliżej możliwościom do ustawienia parametrom ścieżek. W przypadku prostszych programów CAD użytkownik ma zazwyczaj możliwość określenia tylko ich szerokości. Program Cadstar pozwala na zdefiniowanie większej liczby parametrów, umożliwia nawet użycie dla jednego typu ścieżki różnych jej szerokości na różnych warstwach. Niezbędnych ustawień dokonujemy w zakładce *Routes* okienka *Assignments* (rys. 118). Mamy dostęp do następujących parametrów:



Rys. 118. Okienko ustawień parametrów ścieżek

Used	Net Route Code	Layer	Min Width (Thou)	Max Width (Thou)	Neked Width (Thou)	Optimal Width (Thou)
☒	Clock	(Default)	10.00	40.00	12.00	20.00
☒	GND	(Default)	10.00	100.00	20.00	40.00
☒	Top Elec	Top Elec	5.00	100.00	25.00	30.00
☒	Bottom Elec	Bottom Elec	10.00	200.00	15.00	40.00
☒	Signal	(Default)	5.00	40.00	8.00	10.00
☒	VCC	(Default)	10.00	100.00	20.00	40.00

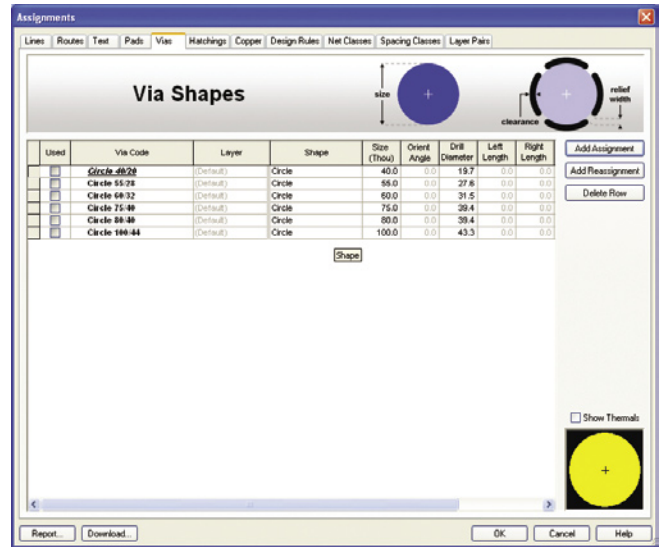
Rys. 119. Różne parametry ścieżek dla różnych warstw płytki

- *Used* – informuje nas czy dany typ ścieżki jest już w użyciu.
- *Net Route Code* – nazwa typu ścieżki.
- *Layer* – Informuje nas, do których warstw płytki odnoszą się wpisane ustawienia. *Default* oznacza wszystkie warstwy miedzi.
- *Min Width* – minimalna szerokość danej ścieżki. Podana jest w aktualnie obowiązującej w edytorze jednostce. Aby ją zmienić, należy opuścić okienko ustawień i w menu *Settings/Units...* dokonać wymaganych zmian. Po ponownym otwarciu okienka *Assignments* wymiar zostanie podany w nowo wybranej jednostce.
- *Max Width* – maksymalna szerokość wybranej ścieżki.
- *Neked Width* – szerokość wcześniej już wspomnianej, węższej ścieżki.
- *Optmal Width* – optymalna szerokość ścieżki. Parametr ten jest odpowiednikiem szerokości ścieżki z prostszych programów CAD.

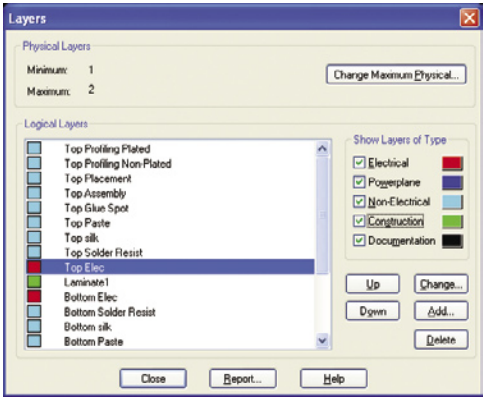
Umieszczone po prawej stronie okienka przyciski, pozwalają na zdefiniowanie nowych rodzajów ścieżek (*Add Assignment*) lub usunięcie już istniejących (*Delete Row*). Jeżeli dla istniejącej już definicji ścieżki chcemy dodać różne parametry ścieżki dla różnych warstw, to zaznaczamy daną definicję, po czym klikamy na klawisz *Add Reassignment*. Zostanie wtedy dodany nowy rekord. W kolumnie *Layer* określamy warstwę, na której chcemy zmienić szerokość, po czym dokonujemy zmiany wymaganych wielkości. Opisaną czynność powtarzamy dla kolejnych warstw (rys. 119).

Zdefiniowanie nowych przelotek lub zmianę kształtu oraz wymiarów przelotek już istniejących umożliwia zakładka *Vias* opisywanego okienka *Assignments* (rys. 120). Kolumna *Shape* pozwala na zmianę kształtu danej przelotki, wystarczy kliknąć na to pole i z otwartego menu wybrać odpowiadającą nam formę. W zależności od wybranego kształtu zmienia się liczba dostępnych parametrów, między innymi możemy określić wielkość przelotki, jej średnicę oraz kąt, pod jakim jest obrócona. Klikając na poszczególne pola przelotek o różnych kształtach, zmienia się umieszczona w prawej górnej części okna grafika przedstawiająca edytowany parametr, przez co ułatwia zrozumienie jego znaczenia. Podobnie jak przy parametrach ścieżek, mamy możliwość zdefiniowania różnych kształtów, oraz wymiarów dla różnych warstw. Służy temu przycisk *Add Reassignment*.

Kolejnym tematem, który poruszymy, jest zdefiniowanie elementów składowych płytki, czyli określenie parametrów poszczególnych warstw, z których płytka jest zbudowana. Okienko ustawień warstw płytki wywołujemy poleceniem *Layers...* z menu *Settings* (rys. 121). Okienko jest

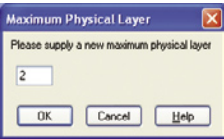


Rys. 120. Zmiana parametrów przelotek



Rys. 121. Poszczególne warstwy płytki

podzielone na dwa obszary: górny, dla warstw fizycznych (*Physical Layers*) oraz dolny, dla warstw logicznych (*Logical Layers*). W programie Cadstar warstwy fizyczne to w rzeczywistości konkretne warstwy miedzi. Warstwa numer 1 jest górną warstwą płytki (*Top*), warstwa o numerze maksymalnym jest zawsze dolną stroną płytki (*Bottom*). Kliknięcie na klawisz *Change Maximum Physical...* otwiera okienko, w którym możemy ustalić

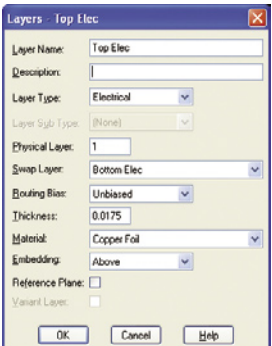


Rys. 122. Określenie maksymalnej ilości warstw miedzi

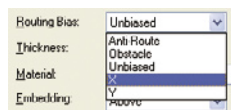
z ilu warstw miedzi ma się składać nasza płytka (rys. 122). Minimalna wartość, którą możemy wpisać to 2. Jeżeli mamy zamiar zaprojektować płytkę jednowarstwową, to i tak musimy zadeklarować początkowe dwie warstwy. Jedną z nich zdefiniujemy później jako niedostępną do prowadzenia połączeń, a wszystkie ścieżki poprowadzimy na warstwie drugiej. Po skorygowaniu liczby warstw opuszczamy okienko klikając na klawisz

OK. Oprócz warstw fizycznych, w programie występują jeszcze warstwy logiczne. Są to warstwy, na których projektujemy naszą płytkę. Przykładowo, są to poszczególne warstwy miedzi, ale również laminat pomiędzy nimi, wzór solder maski, opisy elementów, czy też warstwa otworów. Po prawej stronie możemy określić typy warstw, które zostaną wyświetlone w centralnej części okna ustawień. W programie podzielono poszczególne warstwy na pięć podstawowych grup:

- *Electrical* – warstwy miedzi, na których poprowadzimy ścieżki. Na warstwie tego typu umieszczono również pola lutownicze elementów SMD, jak i elementów tradycyjnych oraz przelotki. Na warstwach tych możemy umieścić również dowolne, dodatkowe obiekty, które mają znaleźć się na warstwie miedzi (przykładowo nasze logo).
- *Powerplane* – warstwy miedzi, na których zostaną umieszczone płaszczyny zasilające. W przypadku płytek cztero i więcej warstwowch, jako płaszczyny zasilające stosuje się wewnętrzne warstwy miedzi.
- *Non-Electrical* – warstwy nieelektryczne, ale powiązane z warstwami miedzi. Przykładowo solder maska, opis elementów, czy też w przypadku elementów SMD szablon do nakładania pasty lutowniczej.
- *Construction* – elementy konstrukcyjne płytki, czyli warstwy izolacyjne pomiędzy poszczególnymi warstwami miedzi (laminat oraz *prepreg* – elastyczna taśma lub folia izolacyjna).
- *Documentation* – grupa warstw, na których możemy umieścić elementy dokumentujące projekt. Przykładowo zarys obudowy lub innych elementów mechanicznych. Do grupy tej zaliczana jest również warstwa z otworami, które należy wywiercić w płytce. Po zaznaczeniu dowolnej z warstw możemy przesunąć ją wyżej lub niżej



Rys. 123. Okienko ustawień górnej warstwy miedzi

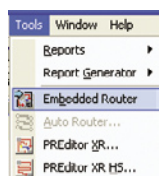
**Rys. 124.****Wybór kierunku prowadzenia ścieżek**

(klawisz *Up* oraz *Down*), usunąć (*Delete*) lub zmienić jej parametry (*Change...*). Dla przykładu, na rys. 123 przedstawiono okienko ustawień górnej warstwy miedzi. W górnej części okna umieszczono pola z nazwą oraz krótkim opisem wybranej warstwy. Kolejne parametry mają następujące znaczenie:

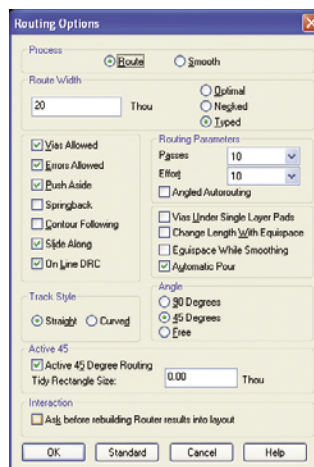
- *Layer Type* – przyporządkowanie warstwy do jednej z pięciu, wcześniej opisanych grup.
- *Physical Layer* – numer fizycznej warstwy miedzi.
- *Swap Layer* – w okienku podajemy warstwę będącą lustrzanym odbiciem do warstwy opisywanej. W przypadku przenoszenia elementu na przeciwną stronę płytki, wszystkie powiązane z nim obiekty z warstw logicznych zostaną przeniesione na odpowiadające im warstwy z drugiej strony płytki.
- *Routing Bias* – jeden z ważniejszych parametrów. Wpływa na kierunek prowadzenia ścieżek na wybranej płaszczyźnie. Parametr ten jest używany głównie przez autorouter, ale wpływa również na ręczne prowadzenie ścieżek. Do wyboru mamy pięć możliwości (rys. 124). Wybranie pierwszej (*Anti-Route*) powoduje, że na danej warstwie mogą zostać poprowadzone ścieżki w kierunkach poziomym lub pionowym tylko wtedy, gdy nie ma możliwości, ich poprowadzenia na innych warstwach. Ustawienie parametru *Obstacle* powoduje, że na danej warstwie nie można poprowadzić jakichkolwiek ścieżek. Trzy kolejne możliwości określają kierunek, w którym autorouter poprowadzi na danej warstwie ścieżki, kolejno bez wybranego kierunku (*Unbiased*), poziomo (X) oraz pionowo (Y).
- *Thickness* – grubość danej warstwy, wymiar wyrażony w aktualnie używanej jednostce.
- *Material* – materiał, z którego dana warstwa się składa.
- *Embedding* – pozwala na określenie czy ścieżki z danej warstwy mają zostać wprasowane w górną (*Above*), czy też dolną (*Below*) warstwę prepreg. Wybranie opcji *None* powoduje, że nie są one wprasowane w którąkolwiek z tych warstw.
- *Reference Plane* – zaznaczenie kontrolki spowoduje, że dana warstwa będzie uważana jako warstwa odniesienia. Kontrolkę należy zaznaczyć, jeżeli na danej warstwie chcemy umieścić relatywnie duże powierzchnie miedzi podłączone do zasilania (GND).
- *Variant Layer* – program Cadstar pozwala na projektowanie płytki dla różnych wariantów urządzenia. Zaznaczenie kontrolki powoduje wyświetlanie elementów występujących w różnych wariantach w innym kolorze.

Odpowiednie określenie powyższych parametrów, pozwoli na automatyczne zaprojektowanie płytki jednowarstwowej. Wystarczy dla górnej warstwy ustawić parametr *Routing Bias* na *Obstacle*, a dla warstwy dolnej na *Unbiased*. Jeżeli projekt jest na tyle skomplikowany, że autorouterowi nie uda się poprowadzić wszystkich ścieżek, to możemy dla górnej warstwy zmienić parametr na *Anti-Route*. Autorouter poprowadzi wtedy nieliczne ścieżki na warstwie górnej, które zastąpimy następnie zworkami.

Po skontrolowaniu lub zmianie parametrów opisanych powyżej elementów możemy przejść do edytora połączeń – *Embedded Router* – wywołujemy go z menu *Tools* (rys. 125) lub klikamy na odpowiednią ikonkę () na pasku PCB. Okno edytora uległo niewielkiemu przeobrażeniu. Pojawiły się nowe paski narzędziowe, z *pull-up* menu zniknęły niektóre, zbędne w czasie prowadzenia ścieżek grupy rozkazów. *Embedded Router* służy (jak sama nazwa wskazuje) tylko prowadzeniu ścieżek, elementy są unieruchomione i nie uda nam się ich przesunąć. Jeżeli już w czasie prowadzenia ścieżek będziemy musieli któryś z nich przemieścić (przykładowo, aby zrobić miejsce dla ścieżek), opuścimy Router klikając ikonkę () z paska *Routing* (alternatywnie możemy wywołać polecenie *Exit Embedded Router* z menu *File*), niezbędnej korekty dokonamy w edytorze PCB, po czym uruchomimy ponownie Router.

**Rys. 125. Uruchomienie wbudowanego edytora połączeń**

Przed poprowadzeniem jakichkolwiek ścieżek należy skonfigurować router. Główne okienko konfiguracji, do którego będziemy często zaglądać, nosi nazwę *Routing Options* (rys. 126) i jest wywoływane z menu *Tools*. Umieszczone w górnej części okna pole *Process* pozwala na określenie

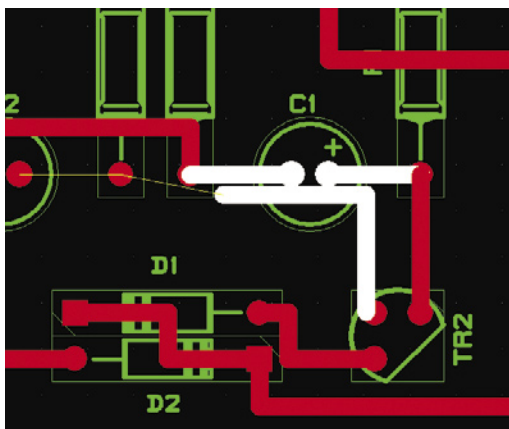
**Rys. 126. Konfiguracja edytora połączeń**

sposobu pracy autoroutera. Wybór opcji *Route* spowoduje, że poprowadzi on brakujące jeszcze ścieżki. Zaznaczenie opcji *Smooth* spowoduje, że będzie on istniejące już ścieżki wygładzał – optymalizował. Funkcję optymalizacji uruchamiamy zazwyczaj po zakończeniu pracy autoroutera. Usuwa ona niepotrzebne przelotki i zagięcia ścieżek, wyrównuje również odstępy między ścieżkami.

Umieszczone poniżej pole *Route Width* ma wpływ na szerokość prowadzonych ścieżek. Zaznaczenie opcji *Optimal* lub *Naked* spowoduje, że szerokość prowadzonych przez autorouter ścieżek będzie określona przez wcześniej ustalone parametry (zakładka *Routes* okienka

Assignments), dla różnych sygnałów, ścieżki mogą mieć różne szerokości. Zaznaczenie opcji *Typed* uaktywnia pole, w którym możemy wpisać potrzebną wartość. Będzie ona obowiązywać dla wszystkich jeszcze niepoprowadzonych ścieżek. Jeżeli wpisujemy wartość spoza określonego wcześniej zakresu, to program automatycznie dopasuje szerokość ścieżek do wartości granicznej. Kolejne parametry mają następujące znaczenie:

- *Vias Allowed* – kontrolka pozwala na umieszczanie przelotek łączących poszczególne warstwy. Jeżeli jej nie zaznaczymy, to do projektu płytki nie będzie można dodać żadnej przelotki. Dotyczy to również ręcznego prowadzenia ścieżek.
- *Errors Allowed* – zaznaczenie kontrolki pozwala na dopuszczenie błędów (odstępstw od zasad DRC) w czasie ręcznego lub automatycznego prowadzenia ścieżek. Zaznaczenie jej ułatwi pracę autoroutera, w czasie wstępnych przebiegów będzie on próbował poprowadzić najkorzystniejsze ścieżki, nawet z naruszeniem zasad DRC. Kolejne przebiegi wyeliminują wszystkie tymczasowo wprowadzone błędy.
- *Push Aside* – zaznaczenie opcji spowoduje, że w czasie prowadzenia ścieżek, inne stojące na drodze ścieżki będą się automatycznie odsuwać, robiąc miejsce dla nowo prowadzonej.
- *Springback* – funkcja powiązana z opisaną wyżej. Jej zaznaczenie spowoduje, że jeżeli zdecydujemy się na inne prowadzenie ścieżki, to ścieżki poprzysuwane funkcją *Push Aside* powrócą na swoje pierwotne miejsce.
- *Contour Following* – funkcja ma wpływ na działanie autoroutera. Zaznaczenie jej spowoduje prowadzenie ścieżek w bezpośrednim sąsiedztwie innych przeszkód (przykładowo ścieżek, punktów lutowniczych lub obszarów miedzi). W przypadku jej zaznaczenia autorouter pozostawi duże wolne, pozbawione ścieżek przestrzenie. Ścieżki będą jednak miały większą liczbę zagięć, późniejsza optymalizacja może poprawić ich przebieg.
- *Slide Along* – standardowo w przypadku przesuwania segmentów ortogonalnych (pionowych lub poziomych) połączonych z segmentami ukośnymi ścieżki, program dodaje dwa dodatkowe segmenty. Zaznaczenie opcji spowoduje ograniczenie dodawania nowych segmentów.
- *On Line DRC* – zaznaczenie opcji spowoduje, że w czasie ręcznego prowadzenia ścieżek program będzie na bieżąco sprawdzał odstępstwa od zasad DRC. Jeżeli wykryje jakieś błędy, przykładowo zbyt małe odstępy lub zwarte ścieżki, to aby nas ostrzec ich kolor zostanie zmieniony (rys. 127). Naturalnie, funkcja będzie działać tylko wtedy, gdy dopuszczanie błędów będzie dozwolone (opcja *Errors Allowed*).



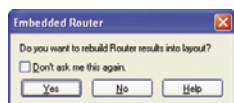
Rys. 127. Demonstracja działania funkcji On Line DRC

Poniżej umieszczone pole *Track Style* wpływa na wygląd ścieżki w czasie jej edycji. Zaznaczenie opcji *Curved* spowoduje, że przy przesuwaniu segmentów ścieżek, zostaną one zamienione w łuki. Podobnie w przypadku łagodzenia zagięć (funkcja *Miter*), wprowadzony segment przyjmie kształt łuku. Dla zaznaczonej opcji *Straight*, zostaje wprowadzony segment prosty. Umieszczone po prawej stronie pole *Angle* ma wpływ na działanie między innymi autoroutera. Zaznaczenie opcji *Free* spowoduje, że w przypadku, gdy nie będzie możliwości poprowadzenia ścieżek ortogonalnych, zostaną dodane segmenty przebiegające pod dowolnymi kątami. Podobnie dla opcji *45 Degrees* zostaną dodane segmenty pod kątem 45 stopni. Należy zaznaczyć, iż segmenty te program doda tylko w nielicznych przypadkach. Dla prostych projektów zaznaczenie opcji prawdopodobnie nie wpłynie na wygląd końcowy płytki.

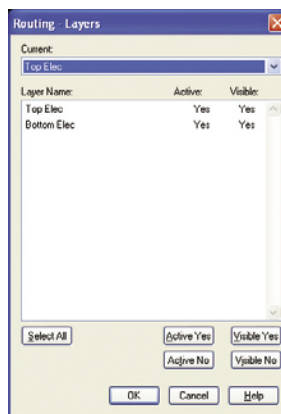
Umieszczone poniżej pole *Active 45* pozwala na zmianę parametrów tejże funkcji. Uaktywnienie jej powoduje automatyczne dodawanie segmentów pod kątem 45 stopni w czasie ręcznego prowadzenia ścieżek. Jedyną jej parametr to maksymalna długość automatycznie dodanego segmentu, wpisujemy ją w wolne pole. Zaznaczenie umieszczonej na spodzie okienka ustawień, kontrolki – *Ask before rebuilding Router results to layout* – spowoduje, że w momencie opuszczenia edytora połączeń i przejścia do edytora PCB zostaniemy zapytani czy wszystkie wprowadzone zmiany mają zostać przeniesione do edytora PCB (rys. 128). Standardowo, gdy kontrolka nie jest zaznaczona, program przeniesie aktualną postać płytki do edytora PCB.

Umieszczone po prawej stronie pole *Routing Parameters* ma głównie wpływ na działanie autoroutera. Jak wcześniej wspomniano, jest on wieloprzebiegowy. W okienku *Passes* możemy określić maksymalną liczbę przebiegów. Pole *Effort* służy do określenia czasu jaki dajemy autorouterowi na szukanie najlepszego przebiegu ścieżki pomiędzy dwoma punktami. Wartość ta jest relacją pomiędzy szybkością działania autoroutera a jego wydajnością. Jeżeli wpisujemy 1, to poprowadzi on ścieżki w najkrótszym możliwym czasie. Istnieje jednak ryzyko, że nie uda się poprowadzić wszystkich ścieżek. Dla wartości 10 czas pracy autoroutera będzie najdłuższy, dzięki czemu prawdopodobieństwo poprowadzenia wszystkich ścieżek będzie najwyższe. Zaznaczenie kolejnej opcji – *Angled Autorouting* – pozwala autorouterowi na prowadzenie ścieżek pod dowolnym kątem. Kąt ten możemy określić poniżej w polu *Angle*.

Następna opcja (*Vias Under Single Layer Pads*) pozwala na umieszczenie przelotek pod padami SMD. Opcja *Change Length With Equispace* ma wpływ na działanie funkcji *Equispace*. Narzędzie to przemieszcza zaznaczone ścieżki tak, aby wyrównać odległości pomiędzy nimi. Jeżeli opcję zaznaczymy, to przy ewentualnym użyciu tego narzędzia, długość przemieszczanych ścieżek nie ulegnie zmianie. Zaznaczenie kolejnej opcji (*Equispace While Smoothing*) spowoduje, że w czasie przebiegu optymalizacji zostaną wyrównane również odstępki pomiędzy rozmieszczony-

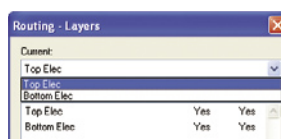


Rys. 128. Opuszczenie edytora połączeń



Rys. 129. Określenie, które warstwy miedzi są aktywne

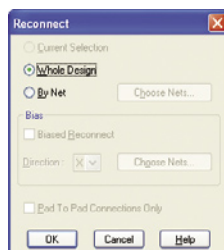
miedzi na płytce są aktywne (można prowadzić na nich ścieżki) w czasie bieżącej sesji edytora połączeń. Okienko *Routing Layers* uruchamiamy z menu *Settings* (rys. 129). W okienku tym możemy osobno dla każdej z warstw, lub wspólnie dla wszystkich, zmienić parametr *Active* (czyli zezwolić/zabronić prowadzenia ścieżek na danej warstwie ścieżek). Poza tym możemy określić, które z warstw mają być wyświetlane, a które nie. W polu *Current* wpisana jest nazwa warstwy, na której aktualnie zostają umieszczone ścieżki. Warstwy tej nie można zdeaktywować. Aby zmienić aktualną warstwę, wystarczy kliknąć na odpowiednie pole i w otwartym menu wskazać jej nazwę (rys. 130).



Rys. 130. Zmiana aktualnej warstwy

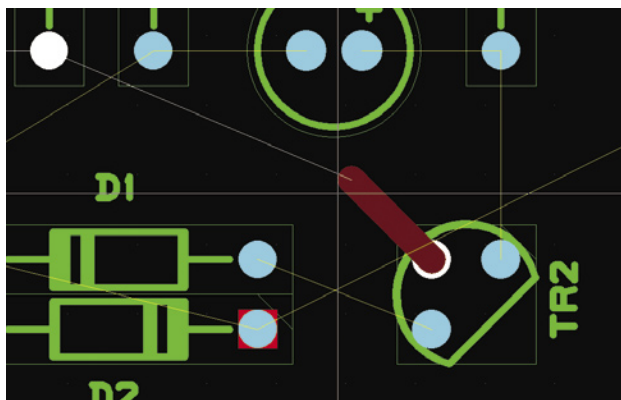
Po dokonaniu wstępnych ustawień możemy przystąpić do prowadzenia poszczególnych ścieżek. Generalnie zadanie to możemy wykonać ręcznie lub automatycznie za pomocą autoroutera. Obydwie metody mają swoich zwolenników, jak i przeciwników, posiadają zalety oraz wady. Ręczne prowadzenie ścieżek jest pracochłonne, pozwala jednak na uzyskanie najlepszych rezultatów. Prowadzenie ścieżek za pomocą autoroutera jest o wiele szybsze, płytki jednak wyglądają zdecydowanie gorzej. W przypadku nieumiejętnego użycia autoroutera parametry EMC zaprojektowanych płytek mogą ulec pogorszeniu w stosunku do płytek projektowanych ręcznie. Sensownym rozwiązaniem może być użycie autoroutera jedynie jako pomocy, przy ręcznym projektowaniu płytki. Wszystkie newralgiczne połączenia zostaną poprowadzone ręcznie, reszta za pomocą autoroutera, po optymalizacji (automatycznej) wygląd płytki zostanie dodatkowo poprawiony ręcznie. Jako newralgiczne połączenia należy przyjąć w pierwszej kolejności sygnały zasilające oraz ścieżki dla sygnałów zegarowych. Wybór metody ręcznej lub automatycznej zależy od upodobań projektanta, a także potrzeb konkretnego projektu. My zajmujemy się najpierw ręcznym prowadzeniem ścieżek.

Aby uporządkować projekt płytki, warto przed poprowadzeniem ścieżek obliczyć najkrótsze połączenia. Funkcję wywołujemy z menu *Actions*,



Rys. 131. Funkcja obliczania najkrótszych połączeń

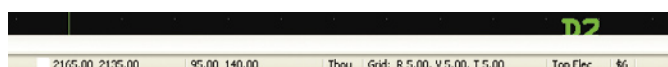
nosi ona nazwę *Reconnect...* (rys. 131). W okienku mamy możliwość zastosowania funkcji dla całego projektu (*Whole Design*) lub też dla wybranych połączeń (*By Net*). W przypadku zaznaczenia opcji drugiej, użytkownik ma możliwość podania wybranych połączeń – przycisk *Choose Nets...* Zaznaczymy pierwszą kontrolkę, funkcję uruchamiamy klikając na klawisz OK. Program oblicza najkrótsze połączenia, linie powietrzne symbolizujące je zostają odpowiednio skrócone. Funkcję tę warto uruchomić kilkakrotnie, w czasie ręcznego



Rys. 132. Prowadzenie ścieżki

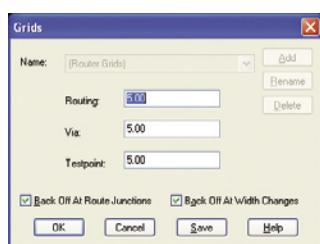
prowadzenia ścieżek, uporządkuje nam ona częściowo zaprojektowaną już płytkę.

Komenda służąca do ręcznego prowadzenia ścieżek nosi nazwę *Manual Route*. Wywołujemy ją z menu *Actions* lub klikając na ikonkę () z paska *Routing*. Po jej wywołaniu klikamy na pole lutownicze (Pin), od którego chcemy rozpocząć prowadzenie ścieżki. Pierwszy koniec rysowanego właśnie segmentu zostaje zamocowany do klikniętego poprzednio pinu, drugi jest podwieszony pod kursorem myszy i przemieszcza się wraz z nim (rys. 132). Oprócz myszki możemy użyć klawiatury. Przyciśnięcie któregośkolwiek z kursorów przesuwa kursor myszki o krok. Długość tego kroku jest równa aktualnie zdefiniowanemu rastrowi. Kliknięcie lewym klawiszem myszy kończy aktualny segment i rozpoczyna w tym samym miejscu segment następny – dodane zostaje zagięcie ścieżki. Przyciśnięcie klawisza *Space* na klawiaturze ma identyczne działanie. Jeżeli przyciśniemy klawisz *Esc*, to aktualnie podwieszony segment zostanie usunięty, a ścieżka zostanie zakończona na ostatnim zagięciu. Dodając kolejne zagięcia prowadzimy ścieżkę do kolejnego, podłączonego do bieżącego sygnału pinu. Jeżeli uaktywniliśmy możliwość popękania błędów oraz funkcję *On Line DRC*, to próba wprowadzenia jakiegoś błędu (przykładowo położenie ścieżki na pinie podłączonym do innego sygnału) zaowocuje natychmiastową zmianą koloru prowadzonego segmentu.



Rys. 133. Wygląd belki statusu w czasie prowadzenia ścieżek

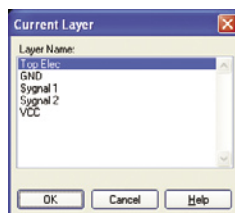
Zwróćmy jeszcze uwagę na umieszczoną u dołu ekranu belkę statusu (rys. 133). Oprócz współrzędnych bezwzględnych (po lewej stronie), znajdziemy tam również współrzędne względne, obliczane względem ostatniego zagięcia (dla przypomnienia, możemy je wyzerować poprzez naciśnięcie klawisza *Z* oraz *Enter* na klawiaturze). Następnie umieszczono na pasku symbol aktualnej jednostki, rozmiar rastra, aktualnie aktywną warstwę oraz nazwę sygnału, dla którego kreślona jest ścieżka. Klikając lewym klawiszem myszy na pole z rozmiarem rastra zostaje otwarte okienko jego ustawień (możemy je również otworzyć komendą *Grids...* z menu *Settings*). Różni się ono nieco od standardowego okienka z edytora płytki (rys. 134). Użytkownik ma możliwość ustalenia osobnego rastra dla ścieżek (*Routing*), przelotek (*Via*) oraz punktów testowych (*Testpoint*).



Rys. 134. Okienko ustawień rastra

Rozmiar rastra, który wpisujemy w poszczególne pola zależy od skomplikowania płytki, dla naszego projektu wystarczy 25 Thou, dla bardziej skomplikowanych projektów możemy użyć dokładniejszego rastra, przykładowo 5 Thou.

W czasie prowadzenia ścieżek obwodu wielowarstwowego, mo-



Rys. 135. Zmiana warstwy, na której prowadzimy ścieżkę

żemy przejść z jednej warstwy na którąkolwiek inną. Segmenty ścieżki zostaną wtedy połączone automatycznie dodaną przelotką. Wcześniej musimy oczywiście pozwolić na dodawanie przelotek oraz upewnić się, że na warstwie, na którą chcemy przejść, dozwolone jest prowadzenie ścieżek. Aby przejść na inną warstwę, użyjemy komendy *Layer*. Wystarczy w czasie prowadzenia ścieżki, w miejscu gdzie chcemy dodać przelotkę, nacisnąć klawisz *L* oraz *Enter* na klawiaturze.

W przypadku płytek dwuwarstwowych, przelotka zostaje dodana natychmiastowo, a kolejny, podwieszony pod kursorem myszki segment ścieżki znajduje się już na przeciwległej stronie płytki. W przypadku płytki z większą liczbą warstw miedzi, zostaje otwarte okienko, z którego możemy wybrać potrzebną warstwę (rys. 135).

W czasie kreślenia ścieżek zachodzi często potrzeba zmiany szerokości aktualnie rysowanego segmentu. Przykładowo, kiedy chcemy poprowadzić ścieżkę pomiędzy dwoma punktami lutowniczymi (wyprowadzeniami układu scalonego), lub gdy na wąskim obszarze musimy poprowadzić większą liczbę ścieżek. Najprościej dokonamy tego używając komendy



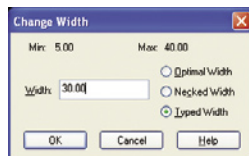
Rys. 136. Menu kontekstu funkcji ręcznego prowadzenia ścieżek

Width, wpisując potrzebną wartość z klawiatury.

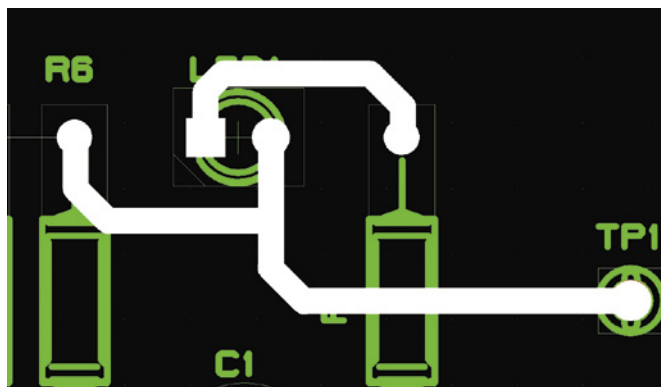
Wystarczy w czasie prowadzenia ścieżki wpisać z klawiatury literkę *W* <szerokość ścieżki> oraz *Enter* (przykładowo *W 20 (Enter)*). Szerokość ścieżki wpisujemy bez rozszerzenia (w aktualnie w edytorze używanej jednostce). Jeżeli podamy wartość wykraczającą poza wcześniej ustalone granice minimalnej oraz maksymalnej szerokości, to komenda zostanie zignorowana. Po wpisaniu komendy, szerokość podwieszonego pod kursorem myszki segmentu zostanie natychmiast zmieniona.

Gdy prowadząc ścieżkę klikniemy prawym klawiszem myszy, zostanie otwarte menu, w którym możemy zmienić podstawowe parametry rysowanego segmentu (rys. 136). Pierwsza komenda (*Change Layer...*) pozwala zmienić aktualnie aktywną warstwę. Jest to alternatywne wywołanie opisanej wcześniej komendy *Layer*. Następną grupą trzech komend pozwala zmienić szerokość prowadzonego segmentu. Jest to alternatywne wywołanie komendy *Width*. Do wyboru mamy zdefiniowaną wcześniej szerokość optymalną (*Optimal*), szerokość zawężoną (*Necked*) oraz możliwość wybrania dowolnej wartości (*Change Width...*). Jeżeli wybierzemy ostatnią możliwość, to zostanie otwarte okienko, w którym potrzebną wartość możemy wpisać bezpośrednio z klawiatury (rys. 137). Dodatkowo podana jest w nim minimalna oraz maksymalna szerokość prowadzonej ścieżki. Kolejna grupa pozwala na zmianę kąta, pod którym zostanie poprowadzona ścieżka. Na szczególną uwagę zasługuje opcja *Activ-45*. Zaznaczenie jej powoduje, że w czasie ręcznego prowadzenia ścieżek, na ich zagięciach, program będzie dodawał automatycznie krótkie, położone pod kątem 45° segmenty. Ich długość możemy określić w okienku *Routing Options*. Działanie narzędzia może być czasami zaskakujące, po nabraniu wprawy w jego obsłudze może okazać się jednak dosyć przydatne. Na rys. 138 przedstawiono przykładową ścieżkę narysowaną przy zaznaczonej opcji *Activ-45*, zagięcia ścieżki zostały złagodzone dodatkowymi, automatycznie dodanymi segmentami.

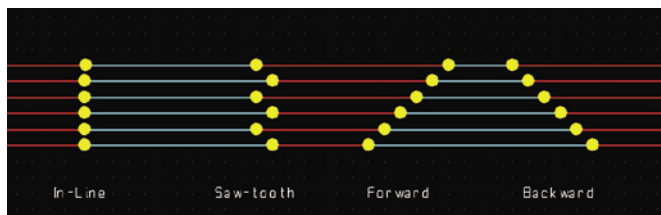
Kolejna grupa czterech komend ma wpływ na rozmieszczenie automatycznie dodanych przelotek w przypadku równoczesnego prowadzenia większej liczby ścieżek. Przelotki mogą zostać dodane w linii (*In-Line*), w kształcie zębów piły (*Saw-*



Rys. 137. Zmiana szerokości ścieżki



Rys. 138. Ścieżki poprowadzone za pomocą funkcji Aktiv-45



Rys. 139. Cztery możliwe sposoby automatycznego wprowadzania przelotek

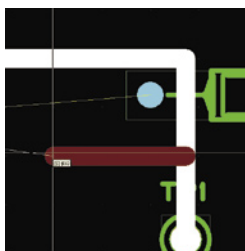
tooth), do przodu po przekątnej (*Forward*), lub po przekątnej do tyłu (*Backward*). Na rys. 139 przedstawiono wszystkie wyżej wymienione możliwości.

Kolejne opcje opisywanego menu mają następujące znaczenie:

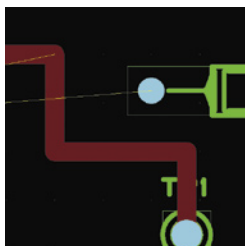
- **Ring Removal** – ma wpływ na wygląd ścieżki po skorygowaniu jej kształtu. Przebieg gotowej już ścieżki możemy w każdym momencie skorygować, przykładowo przy pomocy komendy *Route*. Klikamy na dowolny segment poprowadzonej już ścieżki (rys. 140), po czym rysujemy nowe segmenty. Ponowne kliknięcie na korygowaną ścieżkę zakończy wprowadzone przez nas obejście (*Bypass*). Zaznaczenie opisywanej opcji spowoduje usunięcie poprzedniego segmentu ścieżki (rys. 141).

Jeżeli opcji nie zaznaczymy, to ścieżka ta pozostanie, przez co omijana przeszkoda znajdzie się w środku pierścienia (rys. 142).

- **Aerial Removal** – w czasie rysowania ścieżek może się zdarzyć, że poprowadzimy je tak, że dla sygnałów o wysokich częstotliwościach staną się



Rys. 140. Korekta kształtu ścieżki



Rys. 141. Opcja **Ring Removal** aktywna

one anteną. Głównie chodzi tutaj o niezaokończone segmenty, których jeden koniec pozostaje niepodłączony. Zaznaczenie opcji powoduje automatyczne usuwanie takich odcinków.

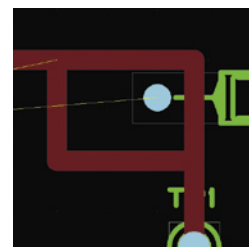
- **Tidy Respects Vias** – opcja powiązana z opcjami opisanymi powyżej. Jeżeli ją zaznaczymy, to program w czasie automatycznego usuwania segmentów z dwóch powyższych opcji pozostawi napotkane po drodze przelotki w spokoju. Jeżeli jednak opcji nie zaznaczymy, to program wraz z segmentami usunie wszystkie napotkane przelotki. Dotyczy to nawet przelotek zakończonych (*fixed*).

- **Restrict Exit Directions** – program Cadstar pozwala zdefiniować dla każdego pola lutowniczego dowolnego elementu, kierunek,

w jakim można wyprowadzić od niego pierwszy segment ścieżki. Czasami, w przypadku skomplikowanych projektów, możliwość ta może się okazać wadą uniemożliwiającą poprowadzenie wszystkich połączeń. Odnaczenie tej opcji pozwala na poprowadzenie pierwszego segmentu ścieżki w dowolnym kierunku.

- **Undo Last Segment** – kliknięcie komendy powoduje usunięcie ostatnio narysowanego segmentu.
- **Finish** – kliknięcie komendy powoduje zakończenie rysowania bieżącej ścieżki. Podwójne kliknięcie lewym klawiszem myszy da identyczny efekt.
- **Cancel** – powoduje zakończenie kreślenia ścieżki. Ostatni, podwieszony pod kursorem segment zostanie usunięty. Identyczne działanie ma klawisz *Esc* z klawiatury.

inż. Henryk Wieczorek
henrykwieczorek@gmx.net



Rys. 142. Opcja **Ring Removal** wyłączona

REKLAMA



„Na portalu
AutomatykaOnLine
znalazłem
niezawodnych
dostawców.”

www.AutomatykaOnLine.pl
WORTAL AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ

Wortal AutomatykaOnLine jest źródłem cennych informacji z zakresu automatyki. Codziennie aktualizowane wiadomości gospodarcze. Nowinki techniczne. Baza wiarygodnych podwykonawców. Informacje o produktach. Ogłoszenia pracodawców i poszukujących pracy. Forum wymiany doświadczeń. Rozwiązania techniczne. Twój partner w biznesie.

Wortal AutomatykaOnLine
ul. Puławska 303, 02-785 Warszawa, tel./fax: 046 857 73 72, e-mail: redakcja@automatykaonline.pl