

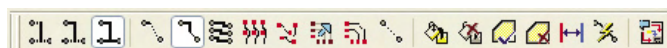


Cadstar w praktyce (11)

Edytor połączeń – Embedded Router

W kolejnej części kursu kontynuujemy opis edytora połączeń – Embedded Router. Omówione zostaną narzędzia służące do automatycznego prowadzenia ścieżek, m.in.: Memory Router, River Router, Bus Router, a także proponowany przez producenta pakietu algorytm projektowania obwodów drukowanych. Przedstawimy zasady, których przestrzeganie ułatwi pracę Autoroutera. Na zakończenie zostanie opisany sposób definiowania oraz znaczenie poszczególnych parametrów określających obszary przeznaczone w całości do zalania miedzią.

Tę część kursu rozpoczniemy od opisu paska narzędziowego Routing. Pasek ten, niedostępny w edytorze PCB, pojawił się dopiero po przejściu do Embedded Routera. Przy jego pomocy mamy dostęp do prawie wszystkich narzędzi, niezbędnych podczas prowadzenia ścieżek oraz zalewania wybranych kształtów miedzią. Jeden z możliwych widoków paska przedstawiono na rys. 143, użytkownik ma bowiem możliwość zmiany jego wyglądu. Umieszczone w jego lewej części trzy pierwsze ikony pozwalają na określenie zakresu, w jakim wybrane komendy będą działały na dane połączenie. Zawsze może być aktywna tylko jedna ikonka. Przykładowe komendy to między innymi Autoroute – trasująca ścieżkę dla wybranego połączenia oraz Unroute – usuwająca istniejącą już ścieżkę. Opcje te nie mają wpływu na ręczne oraz półautomatyczne prowadzenie ścieżek. Niektóre sygnały nie łączą tylko dwóch punktów lutowniczych, lecz większą ich liczbę (przykładowo zasilanie układu). Opisywane ikonki pozwalają na określenie, ile segmentów danej ścieżki zostanie w danym momencie poddane edycji.



Rys. 117. Pasek Routing

Item Focus – zaznaczenie tej ikonki powoduje, że wybrane komendy będą działały na najkrótszych, pojedynczych elementach. Są to połączenia pomiędzy dwoma polami lutowniczymi oraz pojedynczy segment ścieżki.

Node Focus – zaznaczenie jej powoduje, że komendy będą działały na wszystkich elementach ścieżki (wszystkich segmentach oraz przelotkach) pomiędzy dwoma węzłami. Jako węzeł uważane jest pole lutownicze, powierzchnia miedzi, punkt w którym stykają się trzy lub większa liczba segmentów, przelotka od której odchodzą minimum trzy segmenty lub powierzchnia zasilania.

Net Focus – po jej zaznaczeniu wybrane rozkazy będą działały na wszystkich elementach wybranego sygnału.

Kolejna grupa ośmiu ikon to narzędzia pozwalające na prowadzenie ścieżek. Ikonka pierwsza – *Manual Route* – pozwala na ręczne prowadzenie ścieżek. Sposób ręcznego prowadzenia ścieżek został już dosyć szczegółowo opisany w poprzednim odcinku. Kliknięcie następnej ikonki, spowoduje uruchomienie przydatnego narzędzia półautomatycznego prowadzenia ścieżek – *Semi Automatic Route*. Narzędzie to przyspiesza proces tworzenia

plytki, automatycznie trasując wybrane segmenty. Projektant ma jednak decydujący wpływ na przebieg tworzonej ścieżki, w przeciwieństwie do metody w pełni automatycznej, gdzie o przebiegu ścieżek decyduje prawie wyłącznie program. Przed uruchomieniem narzędzia warto skontrolować ustawienia, opisanego w poprzednim odcinku okienka *Routing Options*. Aby w maksymalnym stopniu ułatwić programowi prowadzenie ścieżek, warto zaznaczyć następujące kontrolki:

Vias Allowed – dodawanie przelotek, oczywiście tylko wtedy, gdy projektujemy płytkę wielowarstwową,

Errors Allowed – możliwość tworzenia błędów tymczasowych,

Push aside – przesuwanie poprowadzonych już ścieżek,

Springback – powrót przesuniętej ścieżki na poprzednią pozycję.

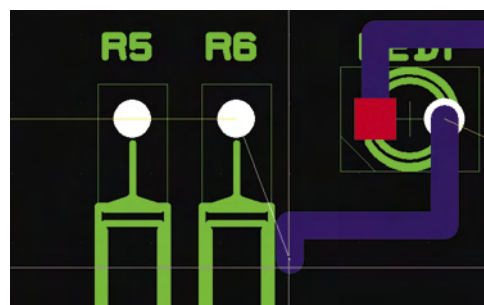
Warto jeszcze skontrolować ustawienia rastra dla przelotek oraz ścieżek. Większy jego rozmiar ograniczy liczbę krótkich segmentów składających się na ścieżkę, może jednak uniemożliwić poprowadzenie niektórych z nich. Poza tym, warto się jeszcze upewnić, które warstwy miedzi zostały zaznaczone jako aktywne, bowiem tylko na nich program może prowadzić ścieżki. Sposób aktywowania warstw miedzi został opisany w poprzednim odcinku.

Po tych kilku wstępnych ustawieniach możemy uruchomić funkcję półautomatycznego prowadzenia ścieżek. Obsługa narzędzia jest banalnie prosta. Po jego wybraniu należy kliknąć lewym klawiszem myszy na połączenie w pobliżu punktu, od którego chcemy rozpocząć prowadzenie ścieżki. Wybrany sygnał, wraz z należącymi do niego wszystkimi elementami zostanie podświetlony. Następnie wystarczy kliknąć w punkt, przez który ścieżka ma przebiegać. Program poprowadzi optymalną według niego ścieżkę, aż do zaznaczonego przez nas punktu (rys. 144). Następnie możemy wskazać kolejne punkty, przez które powinna przechodzić prowadzona ścieżka. Zamiast klikania myszą, alternatywnie możemy użyć klawisza *Space*. Aby zakończyć ścieżkę, klikamy na padzie, do którego daną ścieżkę chcemy podłączyć. Jeżeli ścieżkę chcemy zakończyć w dowolnym innym miejscu, wystarczy w nim dwukrotnie kliknąć lewym klawiszem myszy, alternatywnie możemy użyć klawisza *Esc*.

Kolejne ikonki służą do automatycznego prowadzenia ścieżek. Uruchamiają one następujące narzędzia:

Autoroute – program główny Autoroutera.

Memory Routing – służy do prowadzenia ścieżek według specjalnego wzoru zoptymalizowanego dla obszaru, na którym znajdują się układy pamięci. Jako układy pamięciowe brane są pod uwagę układy z łączem



Rys. 144. Działanie funkcji półautomatycznego prowadzenia ścieżek

równoległym, czyli z magistralami danych, adresów i sterowania. Proste układy ze sterowaniem szeregowym (np. SPI Flash) – traktujemy je jako zwykłe układy scalone.

River Routing – prowadzi najkrótsze z możliwych ścieżki, próbuje połączyć punkty po linii prostej. Prowadzi ścieżki tylko na jednej warstwie nie dodając przelotek oraz segmentów na innej warstwie. Przebieg ścieżek jest podobny do przebiegu linii powietrznych łączących poszczególne węzły.

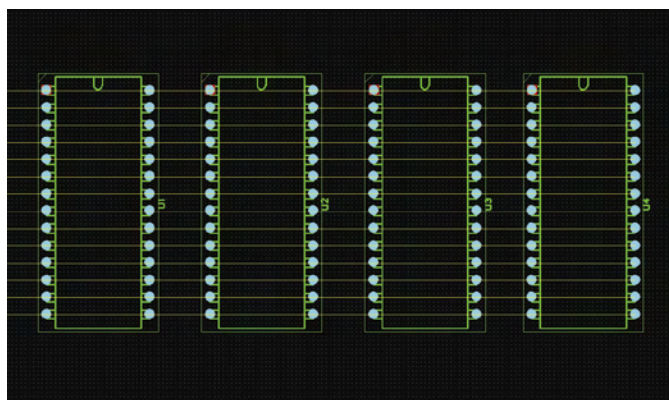
Extend to Bus – powiązane z narzędziem następnym, służy do wskazania sygnałów, które zostaną zebrane w jedną magistralę.

Bus Routing – prowadzi magistrale według podanego wzorca.

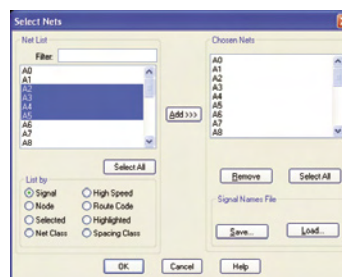
Aby uzyskać jak najlepszy wynik automatycznego prowadzenia ścieżek, warto zachować proponowany przez producenta algorytm postępowania. Dzieli on proces projektowania płytki na następujące etapy:

1. Prowadzenie ścieżek w obszarze, w którym znajdują się układy pamięci za pomocą narzędzia *Memory Routing*. Poprowadzone ścieżki należy następnie unieruchomić (*Fix*) tak, aby nie zostały uszkodzone podczas kolejnych etapów. Jeżeli nasz układ nie zawiera żadnych układów pamięciowych, to krok ten naturalnie pomijamy.
2. Ręczne poprowadzenie sygnałów krytycznych. Aby ścieżki te nie zostały uszkodzone podczas pracy Autoroutera, należy je podobnie jak w punkcie poprzednim unieruchomić. Warto starannie określić, które sygnały uznamy za krytyczne, ponieważ zbyt duża liczba ręcznie poprowadzonych ścieżek może utrudnić lub nawet uniemożliwić późniejszą pracę Autoroutera.
3. Poprowadzenie sygnałów zasilania. Ścieżki, tak samo jak poprzednio unieruchamiamy.
4. Sprawdzenie czy jest możliwość poprowadzenia wszystkich połączeń. W tym celu uruchamiamy Autorouter skonfigurowany dla pojedynczego przebiegu (odpowiednie ustawienia zostaną podane nieco dalej). Jeżeli liczba wszystkich poprowadzonych ścieżek jest mniejsza niż 70%, to może zająć potrzeba zmiany położenia niektórych elementów lub wybrane ścieżki trzeba będzie poprowadzić ręcznie.
5. Poprowadzenie reszty ścieżek. Jeżeli w poprzednim punkcie nie udało się poprowadzić wszystkich ścieżek, musimy ponownie uruchomić Autorouter, tym razem z bardziej rygorystycznymi ustawieniami (wydłuży to czas jego pracy). Jeżeli nadal nie uda się poprowadzić wszystkich połączeń, to trzeba będzie poprzesuwać niektóre elementy, po czym uruchomić Autorouter ponownie.
6. Optymalizacja połączeń. W celu poprawienia przebiegu ścieżek należy uruchomić Autorouter zmieniając wcześniej jego parametry na optymalizację.
7. Drobne zmiany kosmetyczne. Po zakończeniu pracy Autoroutera warto jeszcze przejrzeć płytkę i dokonać drobnych zmian. Przykładowo, można złączyć niektóre zagięcia ścieżek lub skorygować wygląd węzłów.

Przyjrzyjmy się teraz dokładniej automatycznemu prowadzeniu ścieżek dla układów pamięciowych. Na rys. 145 został przedstawiony przykładowy projekt składający się z czterech jednakowych kości pamięci. Układy są rozmieszczone tak, że ścieżki muszą przebiegać poziomo. Taki



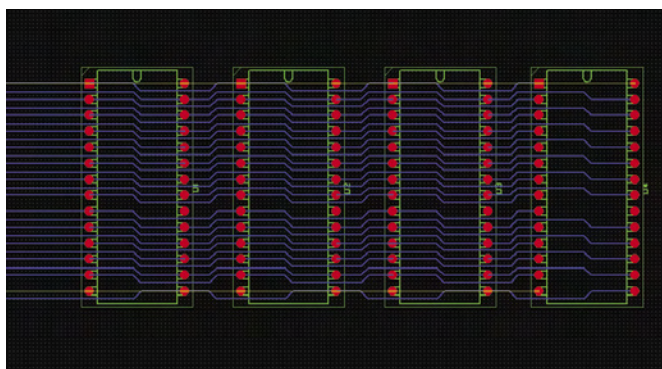
Rys. 145. Przykładowe układy pamięci przygotowane do prowadzenia ścieżek



Rys. 146. Wybór sygnałów

też kierunek należy przyjąć w okienku ustawień poszczególnych warstw płytki, dla warstwy, na której chcemy umieścić ścieżki (*Edytor PCB Settings Layers...*). Parametr ten jest niezbędny do prawidłowego działania narzędzia. Jeżeli dla żadnej warstwy miedzi nie ustaliliśmy odpowiedniego kierunku prowadzenia ścieżek, to program nie będzie w stanie poprowadzić jakiegokolwiek ścieżki. Warto jeszcze zaznaczyć, że Memory Router powinien być uruchamiany jako pierwszy przed poprowadzeniem jakichkolwiek innych połączeń, mogą one bowiem utrudnić lub uniemożliwić mu pracę. Obszar zastosowań routera należy ograniczyć tylko do prowadzenia ścieżek w obszarze pamięci, w przeciwnym wypadku utrudni to późniejszą pracę Autoroutera. Memory Router uruchamiamy klikając na jego ikonkę na pasku *Routing* lub wybierając odpowiednią komendę z menu *Actions*. Następnie należy wskazać sygnały, które mają być poprowadzone. Można również najpierw wskazać sygnały, a dopiero potem uruchomić Memory Router, kliknięcie ikonki spowoduje wtedy natychmiastowe poprowadzenie wybranych ścieżek). Sygnały możemy wskazać na kilka sposobów, najprościej klikając na nie, program natychmiast poprowadzi dla nich ścieżki. Możemy zaznaczyć również większą ich liczbę jednocześnie, wystarczy przeciągnąć nad nimi myszką przytrzymując lewy jej klawisz. Wszystkie sygnały, które znajdują się w narysowanym prostokącie zostaną wybrane i program poprowadzi dla nich ścieżki. Na sposób wskazywania sygnałów wpływ ma wybór opisanych wcześniej ikonek *Focus*.

Bardziej elegancką i dokładniejszą metodą wskazywania sygnałów jest użycie komendy *Select Nets...* Znajdziemy ją w menu *Edit*. Widok okienka przedstawiono na rys. 146. W lewej jego części wystarczy wskazać interesujące nas sygnały. Będą to adresy, dane oraz sygnały sterujące. Klikając następnie na przycisk *Add* skopiujemy je do prawego okienka. Jednocześnie możemy wskazać większą liczbę sygnałów, przykładowo trzymając wciśnięty klawisz *Ctrl* lub lewy przycisk myszki. Listę wybranych sygnałów możemy zapisać (Przycisk *Save...*) lub odczytać z dysku (przycisk *Load...*). Możliwość ta przyda się, gdy będziemy chcieli poeksperymentować z działaniem programu, nie będziemy musieli za każdym razem wskazywać wszystkich potrzebnych sygnałów na nowo. Kliknięcie na przycisk *OK* spowoduje zaznaczenie wybranych sygnałów, a co za tym idzie poprowadzenie wybranych ścieżek. Wynik pracy programu został przedstawiony na rys. 147. Dwa niepoprowadzone jeszcze sygnały to zasilanie układów. Ścieżki dla nich można poprowadzić ręcznie lub automatycznie w następnych krokach projektowania płytki. Główne problemy, które mogą uniemożliwić działa-



Rys. 147. Wynik pracy Memory Routera



Rys. 148. Ustawienie parametrów Autoroutera

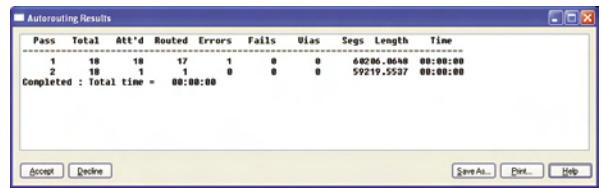
nie programu, to opisany już wcześniej brak określonego kierunku prowadzenia ścieżek, podanie zbyt dużej wartości dla parametru określającego szerokość ścieżek lub podanie zbyt dużych odstępów pomiędzy ścieżkami. Jeżeli program nie jest w stanie poprowadzić zadawalających nas połączeń, to warto skontrolować, ewentualnie skorygować opisane parametry. Po zakończeniu pracy Memory Routera warto poprowadzone ścieżki unieruchomić, zapobiegnie to przypadkowemu ich uszkodzeniu w kolejnych krokach projektowania płytki. W tym celu zaznaczamy wszystkie ścieżki, po czym klikamy na ikonkę *Fix* z paska *Actions* lub

wyberamy odpowiednie polecenie z menu *edit - Item Flags*. Zabezpieczonych w ten sposób ścieżek nie uda się usunąć, przesunąć lub skorygować ich kształtu ręcznie, jak i automatycznie, aż do momentu zastosowania na nich komendy *unfix*, która „odkorkzenia” wybrane obiekty.

Po poprowadzeniu ścieżek dla układów pamięciowych, sygnałów krytycznych oraz ścieżek zasilania, resztę płytki możemy zaprojektować przy pomocy Autoroutera. Na wynik jego pracy mają wpływ przeróżne czynniki. Aby ułatwić mu pracę, przez co uzyskać w miarę zadawalający wygląd automatycznie zaprojektowanej płytki, warto przestrzegać kilku następujących zasad:

1. Prowadzenie ścieżek w kierunkach X-Y – jeżeli musimy któreś z poprowadzonych już ścieżek unieruchomić, to warto poprowadzić je wcześniej poziomo lub pionowo (w kierunkach X lub Y), zgodnie z ustawieniami kierunku dla warstw, na których się one znajdują. Oczywiście nie zawsze uda się je tak poprowadzić, należy jednak pamiętać, że każde odstępstwo od wybranego kierunku utrudni pracę Autoroutera.
2. Zaleca się unikać tekstów oraz innych elementów graficznych umieszczonych na płaszczyźnie miedzi. Autorouter musi je bowiem omijać. Należy zadbać, aby w obszarze jego pracy znajdowało się jak najmniej, przeszkadzających mu obiektów.
4. Zaleca się unikania skomplikowanych kształtów określających obszar, na którym Autorouter ma poprowadzić ścieżki. Szczególnie należy unikać wszelkiego rodzaju łuków. Kształty te to przykładowo zarys płytki, obszary zakazane dla ścieżek lub przelotek, obszary miedzi.
5. Zachowanie odpowiednich odstępów pomiędzy ścieżkami. W czasie określania minimalnych odległości nie należy ich nadmiernie zwiększać, utrudni to tylko pracę Autoroutera.
6. Raster. Należy zadbać o to, aby szerokość ścieżek oraz odstępy pomiędzy nimi współgrały z ustalonym rastrem. Ustawienie w miarę drobno rastra, ułatwi oraz przyspieszy pracę Autoroutera. Należy pamiętać, że raster dla przelotek musi być wielokrotnością rastra dla ścieżek.
7. Rozmieszczenie elementów ma duży wpływ na efekt pracy Autoroutera, warto poświęcić nieco więcej czasu na jego optymalizację.
8. Przelotki. Najlepiej używać przelotek mających identyczne wymiary na wszystkich warstwach miedzi. Przelotki powinny mieć najmniejsze z możliwych wymiary.
9. Dla poszczególnych pól lutowniczych mamy możliwość definiowania kierunku, w którym może przebiegać pierwszy, wychodzący z pola lutowniczego segment (*Exit Directions*). W razie możliwości należy pozwolić mu na wyjście we wszystkich kierunkach.

Przestrzeganie powyższych zasad (oczywiście w miarę możliwości) pozwoli otrzymać optymalne wyniki pracy Autoroutera. Sposób jego pracy jest określony przez parametry ustalone w okienku *Routing Options* opisanym w poprzednim odcinku. Dla pierwszego uruchomienia Autoroutera poszczególne parametry warto ustawić tak, jak na rys. 148. Jeszcze przed jego uruchomieniem należy przełączyć parametr *Item Focus* na *Node* lub *Net*. Autorouter prowadzi ścieżki dla wybranych przez nas sygnałów. Mo-



Rys. 149. Okienko z raportem Autoroutera

żemy wskazać je najpierw, po czym uruchomić Autorouter lub odwrotnie – najpierw włączamy Autorouter, dopiero potem wybieramy sygnały. Użyjmy metody pierwszej. Sygnały wskazujemy identycznie jak w przypadku prowadzenia ścieżek dla układów pamięciowych: wskazujemy je pojedynczo (w przypadku, gdy chcemy wybrać kilka sygnałów przytrzymując klawisz *Ctrl*), używając okienka *Select Nets...* lub kreśląc prostokąt nad interesującymi nas sygnałami. Jeżeli Autorouter ma poprowadzić ścieżki dla wszystkich dostępnych sygnałów, to możemy je zaznaczyć używając komendy *Select All* z menu *Edit* lub użyć skrótu klawiszy *Ctrl+A*. Po kliknięciu na ikonkę *Autorouter*, rozpoczyna on swą pracę. Ile czasu będzie potrzebował, zależy od złożoności projektu. Wyniki jego działania są na bieżąco przedstawiane w okienku *Autorouting Result* (rys. 149). Poszczególne jego kolumny mają następujące znaczenie:

Pass – numer przebiegu, maksymalną ich liczbę deklarujemy w okienku *Routing Options*. Jeżeli program upora się szybciej z postawionym mu zadaniem, to kończy pracę na przebiegu, w którym zostały poprowadzone wszystkie ścieżki.

Total – Liczba wszystkich połączeń w projekcie.

Att'd – Liczba niepoprowadzonych jeszcze sygnałów.

Routed – Liczba poprowadzonych (w danym przebiegu) sygnałów.

Errors – Liczba błędnie poprowadzonych ścieżek, Autorouter poprawi je w następnym przebiegach.

Fails – Liczba sygnałów, do których nie udało się znaleźć możliwości poprowadzenia ścieżki.

Vias – Liczba wprowadzonych przelotek.

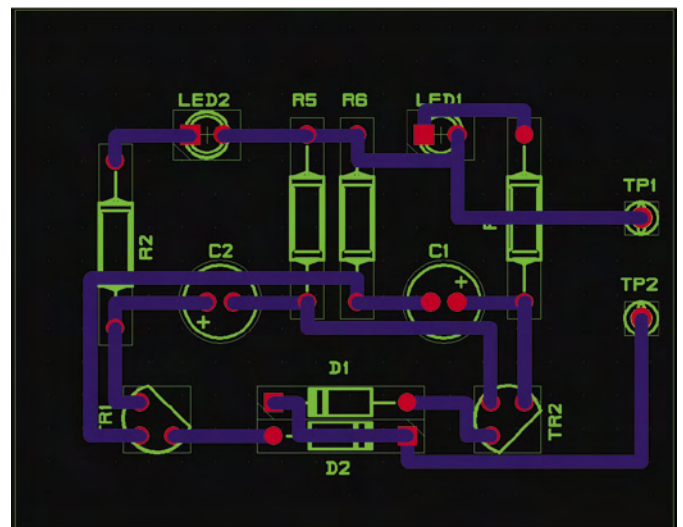
Segs – Liczba dodanych segmentów.

Length – łączna długość wszystkich segmentów.

Time – Czas potrzebny Autorouterowi w danym przebiegu.

Umieszczone na dole okna przyciski *Accept* oraz *Decline* pozwalają odpowiednio na zaakceptowanie ścieżek poprowadzonych przez Autorouter lub na ich odrzucenie. Płytkę przyjmie wtedy wygląd taki, jak przed uruchomieniem Autoroutera. Wyniki pracy Autoroutera dla naszego przykładowego projektu zostały przedstawione na rys. 150. Przebieg ścieżek na płycce projektowanej przez czytelnika może się oczywiście różnić, jest on uzależniony od ustawień Autoroutera.

Użytkownik ma możliwość „dostrojenia” pracy Autoroutera. Służy do tego komenda *Routing costs...* z menu *Settings*. Po jej wywołaniu zosta-



Rys. 150. Wynik pracy Autoroutera



Rys. 151. Okienko pozwalające na dostosowanie sposobu pracy Autoroutera

z tych parametrów, chyba że na potrzeby eksperymentów z wyglądem płytki dla różnych ustawień. Do ustawień domyślnych możemy zawsze powrócić, wystarczy kliknąć na klawisz *Default*. Poszczególne parametry mają znaczenia opisane niżej.

Pole *Track*:

Wrong Way – Parametr kontroluje liczbę segmentów, przebiegających w innym kierunku niż to zdefiniowano dla danej warstwy. Przykładowo, jeżeli dla jednej z warstw płytki kierunek prowadzenia ścieżek ustalimy na poziomy, to parametr ten ma wpływ na liczbę umieszczonych na tej warstwie segmentów przebiegających w kierunku pionowym. Wpisanie wysokiej wartości redukuje liczbę tych segmentów, wpisanie natomiast wartości niskiej dopuszcza większą ich liczbę.

Unbiased – Parametr kontroluje dodawanie segmentów ścieżek na warstwach, na których nie określono kierunku ich prowadzenia (*unbiased*). Podobnie jak poprzednio, wysoka jego wartość ogranicza liczbę takich segmentów, niska natomiast pozwala na ich występowanie.

Anti-track – Parametr określa liczbę segmentów umieszczanych na warstwie, która nie jest przeznaczona dla ścieżek, określona jako *Anti-Route*. Niska wartość pozwala, wysoka ogranicza ich występowanie. Jeżeli jednak Autorouter nie znajdzie żadnej możliwości do poprowadzenia ścieżek na którejkolwiek z innych warstw, to poprowadzi je na warstwie określonej jako *Anti-Route* bez względu na wartość opisywanego parametru.

Pole *Via*:

Routing – Parametr charakteryzuje liczbę przelotek dodawanych w czasie poszczególnych przebiegów Autoroutera. Wysoka jego wartość ogranicza ich występowanie.

Smoothing – Parametr ten określa liczbę przelotek dodawanych w czasie przebiegu optymalizacji istniejących już ścieżek. Identyfikacja jak poprzednio większa jego wartość ogranicza ich liczbę.

Power Plane – Jeżeli projektujemy płytkę wielowarstwową, dla której zdefiniowano kilka warstw zasilania (*Power Plane*), to opisywany parametr określa liczbę przelotek łączących się z tymi właśnie warstwami. Wpisanie wysokiej wartości ogranicza ich liczbę, przez co wyprowadzenia zasilania większej liczby układów SMD będą musiały współdzielić tylko jedną przelotkę. Jeżeli chcemy, aby każde wyprowadzenie zasilania było podłączone swoją własną przelotką z płaszczyzną zasilania, to w opisywanym parametrze należy wpisać wartość 0.

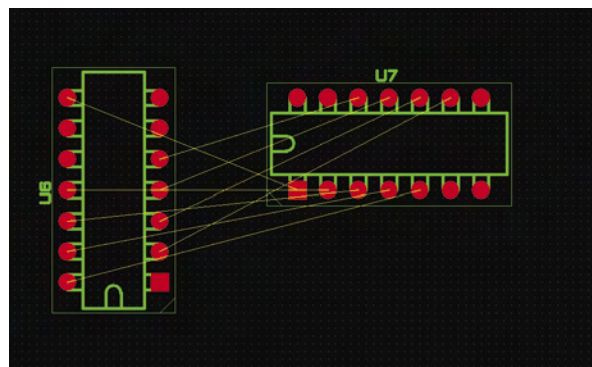
Pole *Error*:

Basic Cost – Jeżeli wcześniej w ustawieniach *Routing Options* pozwoliliśmy Autorouterowi na dodawanie tymczasowych błędów, to parametr definiuje ich liczbę. Wpisanie niskiej wartości pozwoli na nie, wysokiej natomiast je ograniczy.

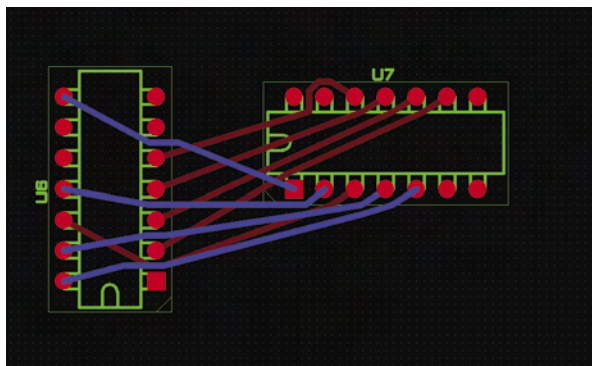
Via Factor – Parametr określa liczbę tymczasowych, błędnie umieszczonych przelotek. Jego zwiększenie podwyższa skuteczność Autoroutera, jednak wydłuża czas pracy.

Przyjrzyjmy się teraz kolejnemu narzędziu automatycznego prowadzenia ścieżek – funkcji *River Routing*. Możemy ją wywołać z menu *Actions*, lub klikając na odpowiednią ikonę z paska *Routing*. Funkcję używamy identycznie jak inne, poprzednio opisane narzędzia automatycznego prowadzenia ścieżek – po jej wywołaniu wskazujemy sygnały, dla których mają być poprowadzone ścieżki. Jednocześnie możemy wskazać większą ich liczbę. W takim przypadku o kolejności prowadzenia zadecyduje ich położenie

je otwarte okienko *Cost Dialog* (rys. 151). Poszczególne parametry mogą zawierać się pomiędzy 1 a 100 oraz 0 a 100, określają one „koszty” odstępstw od określonych zasad. Podane wartości domyślne pozwalają na osiągnięcie najlepszych rezultatów. Zostały określone przez producenta pakietu Cadstar na podstawie wieloletnich doświadczeń. Nie zaleca się zmieniać któregośkolwiek



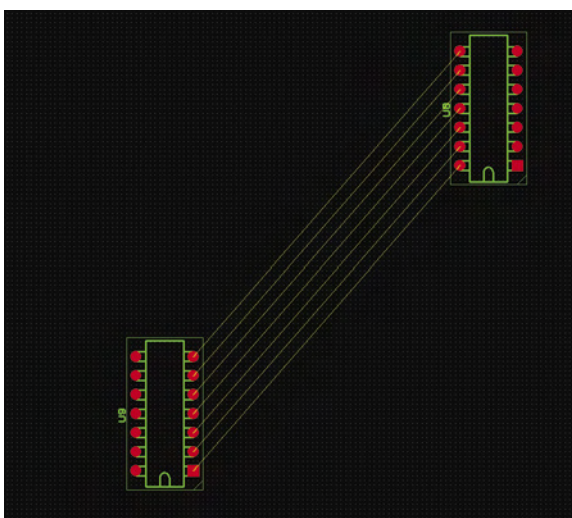
Rys. 152. Sygnały łączące wyprowadzenia układów scalonych



Rys. 153. Wynik pracy komendy *River Routing*

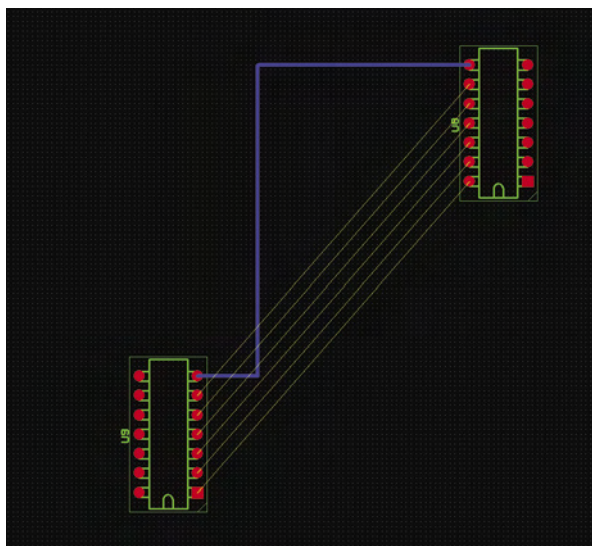
(najpierw zostaną poprowadzone ścieżki dla sygnałów biegnących ortogonalnie) oraz długość (program rozpoczyna od prowadzenia krótszych sygnałów, kończąc na najdłuższych). Jeżeli sygnały będziemy wskazywać pojedynczo, to kolejność w jakiej je wybierzemy będzie miała kolosalny wpływ na wygląd płytki. Funkcja stara się poprowadzić ścieżki możliwie najkrótszą drogą, omijając ewentualne przeszkody. Na rys. 152 przedstawiono przykładowy projekt służący przedstawieniu pracy opisywanej funkcji. Na rys. 153 przedstawiono jeden z możliwych rezultatów jej działania. Zauważmy że ścieżki przebiegają prawie identycznie jak sygnały z rysunku poprzedniego. Trzeba przyznać, że ścieżki w całości poprowadzone przez funkcję *River Route* nie wyglądają dobrze i zapewne nie zadowolą żadnego projektanta. Późniejszy proces optymalizacji może jednak poprawić ich przebieg. Funkcja ta może się czasami przydać do poprowadzenia pojedynczych sygnałów, których nie udało się poprowadzić Autorouterowi (przykładowo na skomplikowanych, zawierających wiele połączeń obszarach).

Program Cadstar umożliwi automatyczne prowadzenie większej liczby ścieżek według podanego wcześniej wzorca. Pozwala to na równoległe

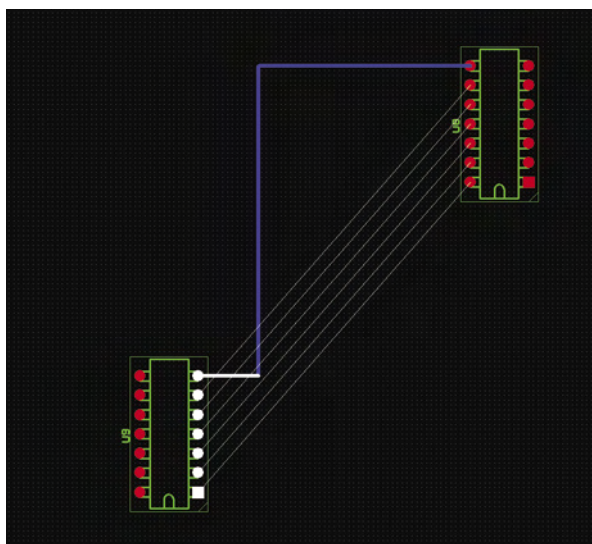


Rys. 154. Magistrala łącząca dwa układy scalone

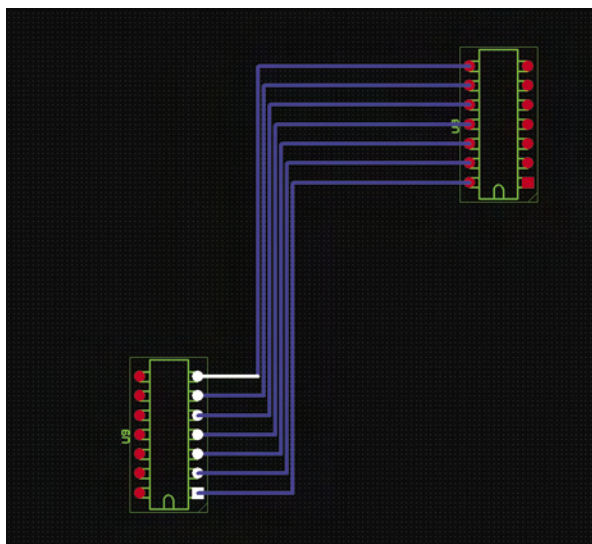
przewodzenie ścieżek dla zgrupowanych w magistrale sygnałów. Służą do tego polecenia *Bus Routing* oraz powiązane z nim *Extend to Bus*. Działanie poleceń zostanie objaśnione na przykładzie składającym się z dwóch układów, których wyprowadzenia zostały połączone siedmioma sygnałami



Rys. 155. Wzorzec dla funkcji *Bus Routing*



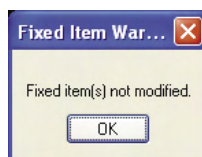
Rys. 156. Zaznaczenie sygnałów magistrali



Rys. 157. Wynik pracy funkcji *Bus Routing*

mi (rys. 154). W pierwszej kolejności musimy poprowadzić ścieżkę, która posłuży jako wzorzec. Zadanie to możemy powierzyć Autorouterowi, ale jeżeli chcemy mieć wpływ na kształt poprowadzonej później magistrali, to warto ścieżkę tę poprowadzić ręcznie. Na rys. 155 przedstawiono jeden z możliwych jej przebiegów. Następnie należy przełączyć się w tryb wskazywania (klawiszem *Esc*) oraz ustalić jego typ na pojedyncze elementy (menu *Edit – Item Focus*). Teraz wskazujemy segment, od którego program ma rozpocząć prowadzenie magistrali. Będzie to zapewne segment bezpośrednio wychodzący od jednego z pól lutowniczych układu scalonego. Dla przykładu wskaźmy segment wychodzący z wyprowadzenia układu U9. Po jego zaznaczeniu klikamy na ikonkę *Extend to Bus* lub wybieramy komendę z menu *Edit*. Zostaną wtedy podświetlone pola lutownicze oraz sygnały, które według programu należą do tej samej magistrali (rys. 156). Automatycznie dokonany wybór możemy oczywiście jeszcze zmienić, wystarczy przytrzymać klawisz *Ctrl* i zaznaczyć lub odznaczyć wybrane pola lutownicze. Ważne, aby zaznaczyć pola lutownicze (piny), a nie sygnały. Ostatnim już krokiem jest wybranie komendy *Bus Routing*, spowoduje to natychmiastowe poprowadzenie zaznaczonych wcześniej sygnałów (rys. 157).

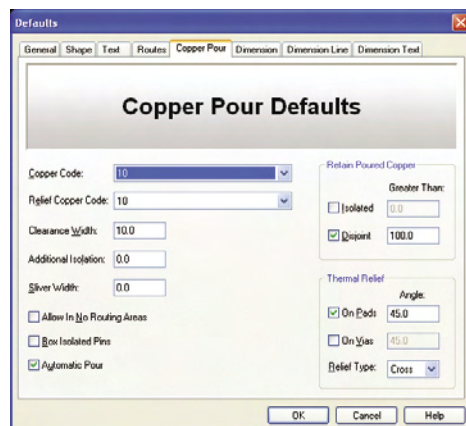
Kolejna, umieszczona na pasku *Route* ikona symbolizuje funkcję *Unroute*. Pozwala ona na usuwanie poprowadzonych już ścieżek, przemieniając je w linie powietrzne symbolizujące sygnały. Podobnie jak podczas prowadzenia ścieżek, funkcję możemy użyć na dwa sposoby: zaznaczyć ścieżki, które chcemy usunąć, po czym wywołać funkcję, lub najpierw wywołać funkcję, a następnie wskazać interesujące nas ścieżki. W czasie wyboru ścieżek, wpływ na liczbę usuwanych segmentów mają ustawienia *Focus* (menu *Edit*). Ich odpowiednie przełączenie pozwoli na usunięcie pojedyn-



Rys. 158. Ostrzeżenie spowodowane próbą usunięcia zakorzenionych ścieżek

czego segmentu, połączenia pomiędzy dwoma węzłami lub całej ścieżki dla danego sygnału. Warto jeszcze zaznaczyć, że ścieżek unieruchomionych poleceniem *Fix* nie uda się nam usunąć. W przypadku takiej próby zostanie otwarte okienko ze stosownym komunikatem (rys. 158).

Po poprowadzeniu wszystkich niezbędnych ścieżek, na płycie pozostała jedynie niewielka ilość miedzi. Fakt ten nie jest zazwyczaj zaletą. W czasie produkcji płytki drukowanej materiałem wyjściowym jest laminat pokryty (z jednej lub z obu stron) całkowicie miedzią, następnie jest on trawiony, aż do uzyskania zaprojektowanej mozaiki ścieżek. Jeżeli na płycie ma się znaleźć tylko niewielka liczba ścieżek, a co za tym idzie miedzi, to proces trawienia potrwa dłużej, zużyta zostanie również większa ilość środka trawiącego. Dlatego, jeżeli to tylko możliwe, zaleca się umieszczanie obszarów zalanych miedzią w przestrzeniach, w których nie poprowadzono żadnych ścieżek. Do naszego przykładowego projektu płytki, również dodamy obszary wypełnione miedzią. Ułatwi nam to późniejsze jej trawienie. Do obszarów tych możemy podłączyć jeden z występujących na płycie sygnałów zasilających (najlepiej GND). Technika ta ma dodatkowe zalety:



Rys. 159. Ustawienia obszarów przeznaczonych do zalania miedzią

- dla sygnału tego nie trzeba będzie prowadzić osobnych ścieżek, poszczególne pola lutownicze zostaną podłączone automatycznie do obszaru miedzi,
- powstała płaszczyzna ma działanie ekranujące, redukuje zakłócenia, które mogą wnikać do układu z zewnątrz, redukuje również zakłócenia emitowane przez sam układ.

Przyjrzyjmy się dokładnie sposobom tworzenia oraz edycji obszarów przeznaczonych do zalania miedzią. Na samym początku skontrolujmy, ewentualnie skorygujmy ustawienia domyślne, na podstawie których program oblicza ich kształt. Otwórzmy okienko *Defaults* w zakładce *Copper Pour* (rys. 159). Poszczególne parametry mają następujące znaczenie:

Copper Code – predefiniowana szerokość linii użytej do poprowadzenia krawędzi oraz wypełnienia obliczanej figury. Dla cieńszej linii figura jest dokładniejsza, jednakże wynikowy plik gerbera ma większy rozmiar. Należy również pamiętać, aby nie przekroczyć minimalnego wymiaru charakterystycznego, w innym przypadku wykonanie płytki może się okazać niemożliwe. Wymiar ten jest uzależniony od technologii oraz producenta, któremu zlecimy wykonanie płytki.

Relief Copper Code – szerokość linii, jaką zostaną narysowane łączniki pomiędzy punktami lutowniczymi a płaszczyzną miedzi. Jeżeli użyjemy w miarę cienkiej linii, to w czasie lutowania tylko niewielka ilość ciepła zostanie odprowadzona z pola lutowniczego, dzięki czemu zostanie zminimalizowane niebezpieczeństwo powstania zimnych lutów. Oczywiście linia nie może być cieńsza niż wymiar charakterystyczny. Należy również pamiętać, aby nie przekroczyć dopuszczalnego prądu dla danej szerokości, w przeciwnym wypadku zbyt cienkie łączniki mogą ulec uszkodzeniu.

Clearance Width – parametr określa szerokość izolacji pomiędzy polem lutowniczym a płaszczyzną miedzi. Dotyczy tylko pól podłączonych do danej płaszczyzny.

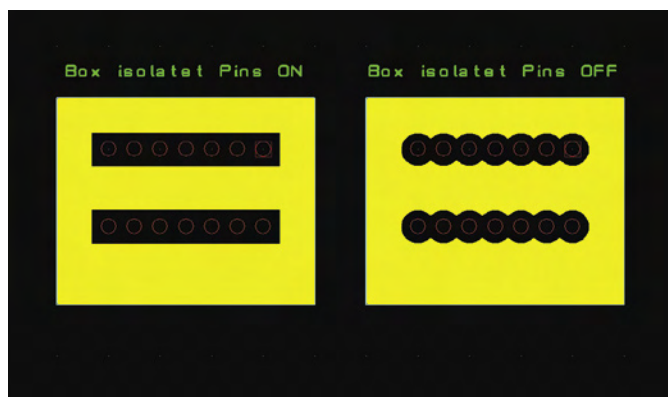
Additional Isolation – Izolacja dodatkowa pomiędzy płaszczyzną miedzi a dowolnymi innymi obiektami (ścieżkami, polami lutowniczymi). Jest ona dodawana do standardowej izolacji określonej w ustawieniach *Assignments*.

Sliver Width – Parametr określa minimalną szerokość elementów obliczanego kształtu miedzi. Przykładowo, przestrzeń pomiędzy dwoma ścieżkami, po odliczeniu niezbędnej izolacji, pozwala na wylanie pasma miedzi o szerokości 0,2 mm. Jeżeli minimalną szerokość ustalimy na 0,3 mm, to nie zostanie on wylany, jeżeli na 0,1 mm, to tak. Należy pamiętać, aby nie przekroczyć minimalnego wymiaru charakterystycznego, poza tym zbyt cienkie pasma miedzi mogą się od płytki oderwać i spowodować zwarcie.

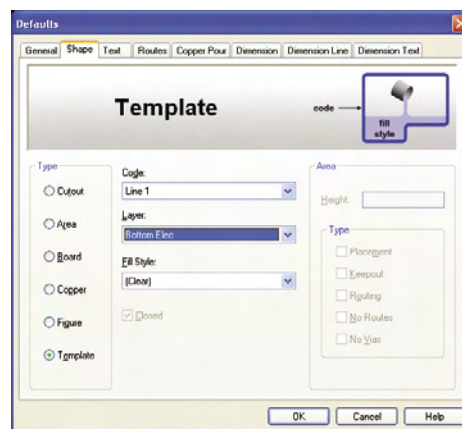
Allow In No Routing Areas – Zaznaczenie kontrolki pozwoli na wylanie miedzi również w obszarach, na których wcześniej zakazaliśmy prowadzenia ścieżek.

Box isolated Pins – Kontrolka wpływa na kształt izolacji w pobliżu położonych blisko siebie pól lutowniczych. Sytuacja ta została przedstawiona na rys. 160.

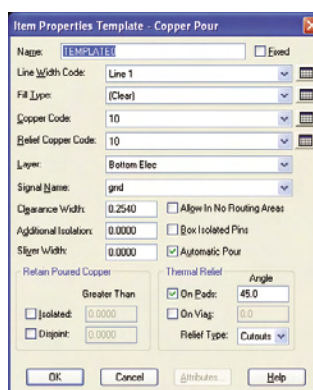
Automatic Pour – po zaznaczeniu kontrolki, kształt miedzi zostanie obliczony na nowo w przypadku, gdy w jego obrębie została przesunięta lub poprowadzona na nowo dowolna ścieżka, jeżeli przesunięto wzorec



Rys. 160. Działanie kontrolki *Box isolated Pins*



Rys. 161. Ustawienia wzorca ograniczającego obszary zalewane miedzią



Rys. 162. Parametry wzorca

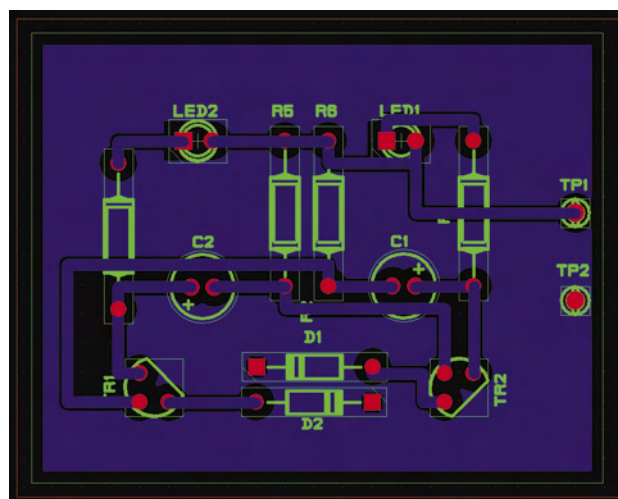
Przykładowo w przypadku wpisania wartości 5 mm powstaną tylko te wysepkki, których pole jest większe (lub równe) 25 mm².

Retain Poured Copper – Disjoint – Działanie kontrolki jest identyczne jak opisanej powyżej, z jedną różnicą: odnosi się ona do wysepek zawierających pole lutownicze lub przelotkę podłączoną do tego samego sygnału, co obliczana figura.

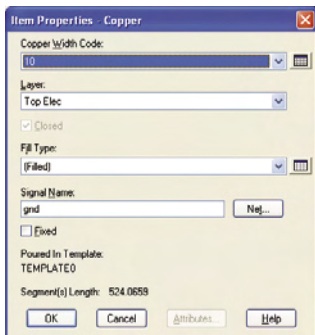
Thermal Relief – kontrolki pozwalają na określenie, czy pola lutownicze (Pads) oraz przelotki (Vias) mają zostać podłączone do danej płaszczyzny przy pomocy łączników, czy też całym obwodem. Możemy również wybrać kąt, pod jakim łączniki zostaną umieszczone.

Relief Type – określa sposób, w jakim zostaną stworzone łączniki. Do wyboru mamy dodatkowe cienkie ścieżki (*Cross*), lub figury wycinające kawałki miedzi z całej płaszczyzny (*Cutouts*).

Po skontrolowaniu wszystkich ustawień musimy jeszcze dokonać nie-



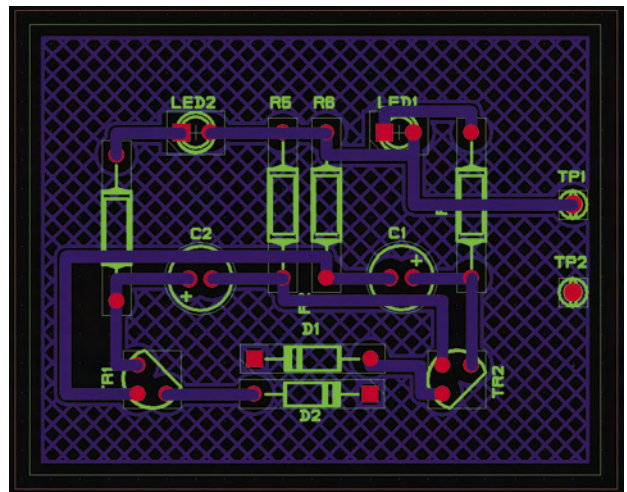
Rys. 163. Przykładowy kształt obliczonej figury



Rys. 164. Okienko parametrów obliczonej płaszczyzny miedzi

zbędnych zmian w zakładce *Shape* (rys. 161). Typ figury przełączamy na *Template*, w polu *Layer* określamy warstwę, na której daną figurę chcemy umieścić. Parametry *Code* oraz *Fill Style* to odpowiednio szerokość linii oraz wypełnienie wzorca. Należy podkreślić, że parametry te charakteryzują wzorec, a nie wyliczaną warstwę miedzi. Po zamknięciu okna możemy narysować wzorec, przykładowo przy pomocy narzędzia *Add Rectangle*. Dla naszego przykładowego projektu narysujemy go tak,

aby zawierał w sobie całą płytkę. Następnie podłączymy wzorec do jednego z dostępnych na płycie sygnałów. Otworzymy okienko jego ustawień (rys. 162). Obok opisanych już parametrów mamy możliwość nadania kształtowi nazwy (*Name*), oraz podłączenia go do wybranego sygnału (*Signal Name*) – wybieramy sygnał GND. Jeżeli wcześniej nie nadałismy żadnemu sygnałowi na płycie unikatowej nazwy, to pole wyboru będzie puste. Po opuszczeniu okienka przechodzimy do edytora połączeń, zaznaczamy nasz wzorec i wywołujemy komendę *Copper Pour* (z menu *Actions*). Program oblicza natychmiast kształt miedzi (rys. 163). Jeżeli chcemy obliczony kształt usunąć, wystarczy po zaznaczeniu wzorca wywołać komendę *Clear Template*. Po przejściu do edytora PCB obliczona figura miedzi stała się



Rys. 165. Ostateczny wygląd przykładowej płytki

nowym obiektem na płycie, możemy zmienić jeszcze jego wygląd. Zaznaczamy ją i otwieramy okienko z jej ustawieniami (rys. 164). Najważniejsze parametry, które możemy zmienić to warstwa, na której znajduje się figura oraz rodzaj jej wypełnienia. Przykładowo możemy go zmienić na kratkę, ostateczny wygląd płytki został przedstawiony na rys. 165.

inż. Henryk Wieczorek
henrykwieczorek@gmx.net

R E K L A M A

AVT2864 Analizator widma

AVT
AVT2864/2

31 62 125 250 500 1k 2k 4k 8k 16k

+2dB
0dB
-2dB
-4dB
-6dB
-8dB
-10dB
-12dB
-14dB
-16dB

Dostępne wersje:
 A - płytka drukowana: 34zł
 B - komplet elementów: 67zł
 C - układ zmontowany: 130zł

AVT-Korporacja Sp. z o.o.,
 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11
 tel. 022 257 84 50, fax 022 257 84 55,
 e-mail: handlowy@avt.pl

www.sklep.avt.pl

forum.ep.com.pl