

Autorouter Specetra

Projektowanie płytek drukowanych do produkowanych obecnie układów elektronicznych jest zadaniem niezwykle złożonym. Aby sprostać wysokim wymaganiom dotyczącym jakości i niezawodności danego urządzenia oraz prostoty jego montażu podczas produkcji, powszechnie stosuje się specjalistyczne oprogramowanie wspomagające projektowanie obwodów drukowanych. Możliwość zastosowania techniki komputerowej w fazie tworzenia projektu nowego urządzenia pozwala nie tylko na znaczne skrócenie czasu potrzebnego na jego opracowanie, ale także na wyeliminowanie ewentualnych błędów konstrukcyjnych już w fazie tworzenia projektu. Jednym z podstawowych czynników wpływających na jakość i parametry nowoczesnych urządzeń elektronicznych jest prawidłowo zaprojektowana płytka drukowana. Dotyczy to szczególnie układów z sygnałami o wysokich częstotliwościach, w których mozaika ścieżek płytki bezpośrednio wpływa na parametry całego układu. Podczas projektowania tego rodzaju płytek drukowanych niejednokrotnie ważne jest określenie rezystancji i pojemności ścieżek, rezystancji izolacji między ścieżkami, równoległości ścieżek na tej samej warstwie i między warstwami, minimalna i maksymalna długość ścieżek, minimalne i maksymalne czasy propagacji, pojemności pasożytnicze, impedancje

ścieżek czy ekranowanie ścieżek sygnałowych.

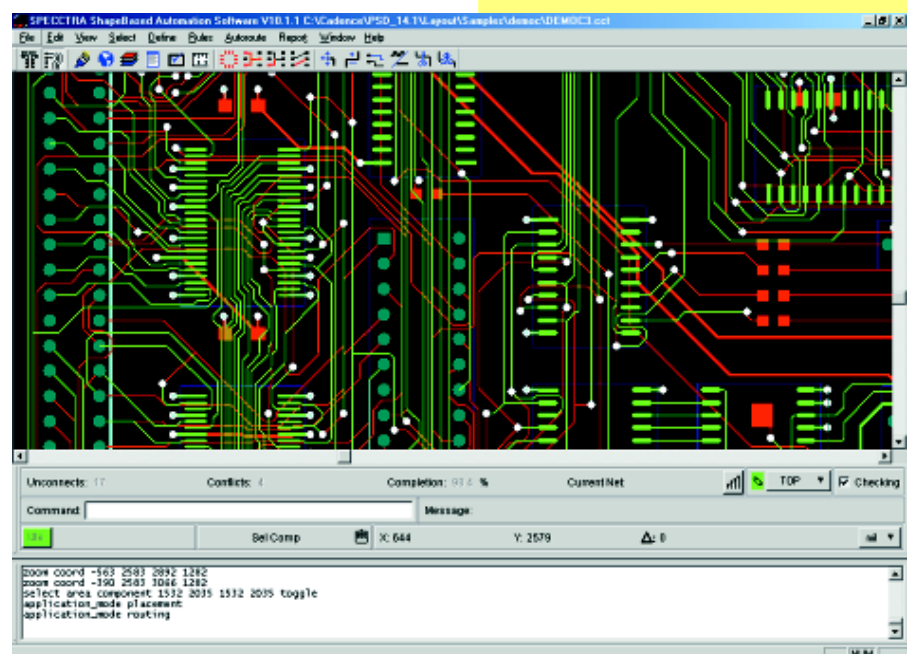
Na rynku dostępnych jest kilka liczących się programów wspomagających projektowanie obwodów drukowanych PCB. Większość z nich zawiera zwykle moduł edytora PCB, który wraz z dołączonymi bibliotekami umożliwia „wstępną obróbkę” projektowanej płytki oraz moduł routera pozwalającego na ręczne i automatyczne wytyczenie połączeń (ścieżek) pomiędzy poszczególnymi elementami elektronicznymi układu. Jak to zwykle bywa, możliwości poszczególnych programów oraz funkcje w jakie są one wyposażone są dość zróżnicowane. Głównym modułem, którego parametry decydują zwykle o „sile” programu jest moduł autoroutera.

W tym i kilku kolejnych artykułach zaprezentujemy możliwości autoroutera Specetra firmy Cadence Design Systems. Można powiedzieć, że program ten należy do klasycznych w swoim rodzaju i właściwie od czasu ukazania się, aż do dzisiaj jest najlepszym autorouterem dostępnym na rynku.

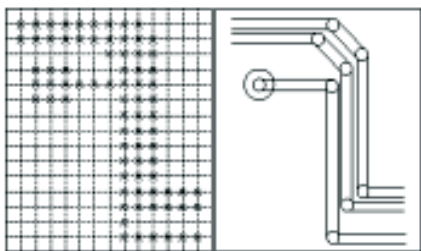
część 1

Elektronik projektujący układy elektroniczne ma dziś do wyboru wiele narzędzi wspomagających jego pracę. Na każdym etapie realizacji projektu - może z wyjątkiem przygotowania koncepcji, która rodzi się w głowie inżyniera - a więc rysowania schematu, symulacji bloków funkcjonalnych i projektowania odpowiedniego obwodu drukowanego, jest wykorzystywany komputer. Najbardziej żmudnym etapem pracy, w którym zastosowanie techniki komputerowej jest nieodzowne, jest projektowanie płytki drukowanej.

Specetra jest obecnie dostarczana przez koncern Cadence, ale nie jest on twórcą tego oprogramowania. Powstało ono bowiem w firmie CCTech, założonej w 1989 roku przez dwóch inżynierów: Davida Chyana oraz Johna Coopera. W 1997 roku firma CCTech została wchłonięta przez koncern Cadence Design Systems.



Rys. 1. Specetra - główne okno programu



Rys. 2. System Grid-Mapped (z lewej) oraz ShapeBased (z prawej). Jak widać, aplikacja Grid-Mapped musi analizować 72 punkty, aby zobrazować 12 obiektów

Wprowadzenie

Autorouter Specetra (rys. 1) jest aktualnie najlepszym autorouterem wykorzystywanym w profesjonalnych systemach do projektowania płytek drukowanych. Decydują o tym ogromne możliwości tego programu. Specetra, z założenia przeznaczona do tworzenia gęsto upakowanych płytek drukowanych, wymagających zachowania reguł projektowych odpowiednich dla układów wysokoczęstotliwościowych, oparta jest na technologii *shape-based* pozwalającej na uzyskanie maksymalnej skuteczności i użyteczności w sensie maksymalnego wykorzystania trasowanego obszaru.

Idea technologii *shape-based* opiera się na zasadzie traktowania wszystkich elementów, które mają wystąpić na tworzonym druku, takich jak pady SMD, pady przelotowe, ścieżki, obszary miedzi itd., jako bazowych kształtów geometrycznych (rys. 2), co pozwala na osiągnięcie bardzo wysokiego stopnia kompletacji ścieżek w bardzo gęsto upakowanych drukach. W przeciwieństwie do routerów rastrowych, Specetra angażuje więc w trakcie pracy o wiele mniej pamięci, co zdecydowanie poprawia prędkość działania programu. Ponieważ Specetra łączy reguły projektowe z kształtami geometrycznymi (każdy obiekt-kształt może być związany z zestawem reguł narzucających routerowi przymusy związane np. z odstępami, orientacją obiektów czy szerokością ścieżek i parametrami, takimi jak: zależności czasowe, szumy, przesłuchy itp.), nie trzeba ręcznie stosować tych reguł, tak jak w starych routerach rastrowych. Dodatkowym atutem Specetry jest

Podstawą nowatorskiej technologii *shape-based* jest traktowanie wszystkich elementów, które mają wystąpić na tworzonym druku, jako bazowych kształtów geometrycznych, co pozwala na osiągnięcie bardzo wysokiego stopnia kompletacji ścieżek w bardzo gęsto upakowanych drukach.

możliwość trasowania ścieżek niezależnie od rastra (siatki), co również poprawia parametry programu dotyczące zużycia pamięci, szybkości i stopnia kompletacji ścieżek.

Większość klasycznych autorouterów *grid-based* próbuje wykonać wszystkie połączenia, nie pozwalając podczas kolejnych przejść na powstawanie krzyżowań ścieżek oraz konfliktów związanych z zachowaniem zadanych odstępów (np. ścieżka - ścieżka czy ścieżka - element).

Specetra podczas pracy używa metody kolejnych przybliżeń (*adaptive routing*). W pierwszym przejściu program próbuje wytyczyć wszystkie ścieżki niezależnie od ich krzyżowań i konfliktów dystansowych. W każdym kolejnym przejściu następuje redukcja występujących konfliktów. W drodze do uzyskania 100% kompletacji, autorouter wykorzystuje algorytmy *push-and-shove* oraz *rip-up-and-retry*. Oznacza to, że w przypadku na-

potkania problemu, kolidująca ścieżka jest najpierw odsuwana w bok, tak aby możliwe było wytyczenie aktualnie prowadzonej, a jeżeli to nie daje pozytywnych rezultatów, kolidująca ścieżka jest zrywana i wytyczana w innym miejscu. W każdym przejściu gromadzone są dodatkowo informacje o obszarach, na których występują jeszcze konflikty, oraz o poszczególnych konfliktach. Informacje te są dziedziczone i przekazywane do kolejnej fazy (przejścia) w celu uzyskania 100% sukcesu.

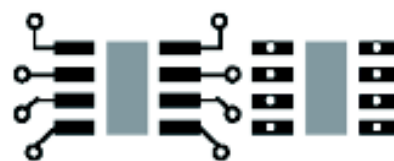
W wariantcie podstawowym Specetra jest kompletnym systemem do automatycznego i interaktywnego wytyczania połączeń na płytkach drukowanych i w zależności od wersji umożliwia projektowanie płytek 6- lub 256-warstwowych z nieograniczoną liczbą wyprowadzeń. Wariant podstawowy zawiera trzy podmoduły: autorouter, *interactive route editor* oraz *interactive placement editor*. Autorouter zachowuje i stosuje w trakcie działania wszystkie podstawowe reguły, któ-

re mogą być oczywiście narzucone przez użytkownika, takie jak szerokość ścieżek, odstęp między ścieżkami oraz inne odstęp jakie mają być zachowane na etapie routowania, klasy ścieżek itd. Poszczególne reguły mogą być stosowane w odniesieniu do całej płytki lub określonych jej obszarów. Wariant podstawowy Specetry pozwala również na automatyczne wstępne odprowadzanie ścieżek od gęsto upakowanych elementów typu SMD (*fanout*), przy czym projektant ma możliwość określania długości i kierunku odprowadzeń, oraz na automatyczne wytyczanie ścieżek poprzez obszary, które poprzednio były routowane ręcznie.

Interactive route editor podobnie jak autorouter działa w technologii *shape-based* i umożliwia manualne wytyczanie ścieżek i przejść między warstwami. Ręczne trasowanie połączeń wsparte jest dodatkowymi funkcjami, które mają za zadanie przyspieszyć i ułatwić proces projektowania w trybie *interactive*. Na przykład funkcja *plowing* powoduje automatyczne odsuwanie „przeszkadzających” ścieżek na bok, umożliwiając ułożenie aktualnie prowadzonej. Odsuwana ścieżka lub

cały segment może być również pchana przed kursorem w przypadku prostopadłego najazdu kursorem. Funkcja *shoving* powoduje natomiast przesuwanie pojedynczych ścieżek lub całych segmentów łącznie z przelotkami i przerzucanie ich przez przeszkody, np. inne ścieżki, przelotki czy wyprowadzenia.

Interactive placement editor pozwala na ręczne rozmieszczanie elementów na płytce, umożliwiając w ten sposób planowanie i modyfikację druku pod kątem umieszczenia elementów. Oprogramowanie posiada odpowiednie funkcje wspierające ten etap projektowania. Jedną z nich jest funkcja *guided place*. Jej działanie polega na wskazywaniu użytkownikowi najlepszej



Rys. 3. Zastosowanie przelotek pod padami SMD (z prawej)



Rys. 4. Przelotka w technologii tradycyjnej *through hole* oraz Microvia (po prawej)

lokalizacji dla każdego z elementów, począwszy od tego, który ma największą gęstość połączeń. Analiza, na podstawie której funkcja rozmieszcza komponenty, przeprowadzana jest zgodnie z regułami i parametrami narzuconymi dla danego projektu. Użytkownik może zaakceptować położenie elementu(-ów) lub odrzucić rezultat działania *guided place* i umieścić dany element w dowolnym miejscu na płytce wyłącznie ręcznie. *Interactive placement editor* umożliwia również wykonywanie wszystkich podstawowych operacji typu przerzucanie, obracanie, szeregowanie czy popychanie komponentów. Elementy możemy przenosić w dowolne miejsce płytki indywidualnie lub grupami. Możliwe jest także umieszczanie elementów na płytce na podstawie współrzędnych X, Y i kotwiczenie ich w razie konieczności. Specetra pozwala również na definiowanie i narzucanie parametrów termicznych, mechanicznych, itp. dla określonych przez użytkownika obszarów płytki. Funkcja *density* pozwala na zweryfikowanie poprawności rozmieszczenia elementów na płytce pod kątem gęstości połączeń w danym obszarze, z jaką będzie musiał poradzić sobie autorouter.

„Wzmocnienia“

Dodatkowe moduły, którymi może być „wzmocniony“ podstawowy autorouter (AR6U lub AR256U), pozwalają na znaczne zwiększenie jego możliwości pod względem efektywności działania programu, zwłaszcza dla projektów o dużym stopniu złożoności, które wymagają

Obecnie Specetra dostępna jest w dwóch wersjach handlowych: 6U (sześć warstw i Nielimitowana liczba wyprowadzeń) i 256U (256 warstw i Nielimitowana liczba wyprowadzeń).

spełnienia zaawansowanych reguł projektowych.

Moduł AD - *Advanced Rules* - zawiera bogaty zestaw reguł pozwalających na kompleksową kontrolę parametrów elektrycznych projektu. Można w nim zadawać szczegółowe zasady dla poszczególnych składowych, takich jak warstwy, przelotki (rys. 3), ścieżki, grupy ścieżek, komponenty itp. Dostępne są tu zaawansowane funkcje pozwalające np. na kontrolę impedancji na poszczególnych warstwach płytki, kontrolę szerokości ścieżek i przesłuchów pomiędzy nimi. Moduł *Advanced Rules* zawiera obecnie wszystkie właściwości, które udostępniane były poprzednio w module *Hybrid*. Chodzi między innymi o możliwość tworzenia przelotek zaślepionych i zagrzebanych oraz pod elementami SMD, możliwość definiowania odstępów izolacyjnych pomiędzy tego typu przelotkami (znajdującymi się na tej samej lub różnych warstwach).

Moduł HP - *High Performance* - zawiera zestaw zaawansowanych funkcji niezbędnych przy projektowaniu układów wysokoczęstotliwościowych. Opcje te dostępne są zarówno dla autoroutera, jak również *interactive route editora*. Możliwość ustalania maksymalnej, minimalnej długości ścieżki (-ek) oraz długości preferowanej pozwala na kontrolę parametrów czasowych układu. Podobnie jest z kontrolą przesłuchów pomiędzy ścieżkami (znajdującymi się na tej samej lub różnych warstwach), która może odbywać się na podstawie określonych, zdefiniowanych przez użytkownika, reguł projektowych. Równoległość wybranych par ścieżek, odstęp między nimi, ekranowanie (wylewki miedzi) kontrolowane są automatycznie w trakcie działania autoroutera. *Interactive Route Editor* obsługuje routowanie wybranych ścieżek w postaci magistral (z definiowalnym odstępem pomiędzy ścieżkami w magistrali), a także automatyczne wytyczanie pojedynczych ścieżek. Specetra wzbogacona o moduł HP wyświetla w tym trybie zestaw informacji dotyczących długości ścieżek, sygnalizując ewentualne przekroczenia zadanych wcześniej parametrów itp. Odbywa się to *on-line*, czyli w trakcie wytyczenia połączenia.

Moduł DF - *Design for Manufacturing* - służy do optymalizacji projektu pod kątem wdrożenia go do

Specetra dostępna jest w dwóch wersjach. Obydwie wersje (6U i 256U) mogą być dodatkowo „wzmocniane“ następującymi modułami: AD (*Advanced Rules*), AP (*Autoplace*), DM (*Design for Manufacturing*), HP (*High Performance*) oraz MV (*Microvia*).

produkcji oraz na etapie testowania. Dostępna jest na przykład bardzo przydatna funkcja *mitter* pozwalająca na prowadzenie ścieżek pod kątem 45° oraz „zaginanie“ ścieżek wytyczonych wcześniej. Poza tym moduł zapewnia automatyczne dopasowanie (maksymalizację) odstępów: ścieżka-ścieżka oraz ścieżka-obiekt, na dostępnej wolnej przestrzeni w danym miejscu płytki, minimalizację liczby przelotek oraz automatyczne generowanie punktów testowych na podstawie zadanych parametrów.

Moduł MV - *Microvia* - dostarcza zestaw funkcji pozwalających na wykorzystanie technologii *Matsushita ALIVH microvia*. Technologia *Microvia* pozwala na znaczne zoptymalizowanie skomplikowanych, kilkuwarstwowych płytek zawierających np. wielowyprowadzeniowe elementy elektroniczne w obudowach BGA (rys. 4). Wykorzystując ten moduł, możemy tworzyć całe tablice lub szeregi przelotek usytuowanych bezpośrednio w padach SMD (pod padami), co oczywiście zwiększa skuteczność działania autoroutera. Przelotki „ślepe“ i „zagrzebane“ mogą być dodatkowo umiejscowione w tej samej lokalizacji X, Y na różnych warstwach płytki i obsługiwane przez wzmocnioną w tym module funkcję *fanout*.

Moduł AP - *Autoplace Option* - pozwala na automatyczne rozmieszczanie elementów na płytce bez konieczności podawania ich współrzędnych i skomplikowanej procedury wprowadzania reguł dla komponentów o różnych rozmiarach. Moduł pozwala na automatyczne rozmieszczanie wybranych komponentów przy ręcznym ustawianiu innych i odwrotnie.

RK

Dodatkowe informacje

Więcej informacji można uzyskać w firmie RK-System, www.rk-system.com.pl.