

Projektowanie płytek drukowanych jest sztuką specyficzną. Druga część artykułu poświęconego podstawom komputerowo wspomaganego projektowania płytek dotyczy kwestii fundamentalnej: "filozofii" i sposobów prowadzenia ścieżek.



Projektowanie obwodów drukowanych część 2

Prowadzenie ścieżek

W zależności od liczby stosowanych warstw stosuje się różne techniki prowadzenia ścieżek. W praktyce amatorskiej w zasadzie stosuje się co najwyżej dwuwarstwowe odwody drukowane. Płytki jednowarstwowe, jako technologicznie najprostsze i najtańsze do wykonania, wymagają jednak często znacznie większego wysiłku ze strony projektanta. Programy automatycznego wytyczania połączeń (ang. routers) do projektowania jednowarstwowego nie istnieją i chyba nie będą opracowywane z przyczyn ekonomicznych. W tej dziedzinie dąży się raczej do zwiększania liczby warstw, stosowania elementów SMD, optymalizacji rozkładu wyprowadzeń układów scalonych niż upychania ile się da na mniejszej liczbie warstw. Projektant-amator jest zatem skazany na siebie, swoje doświadczenie i intuicję. Zresztą stopień komplikacji układów amatorskich jest niewielki w porównaniu ze spotykaną złożonością elektroniki profesjonalnej. Przykładem profesjonal-

negu druku niechaj będzie rozwiązanie "łamiągówki" połączeń z rysunku 5 (EP 7/94), którego fragment przedstawiono na **rysunku 7**. Obwód drukowany został zaprojektowany jako sześciowarstwowy: dwie warstwy stanowią ścieżki zasilania, zaś pozostałe - tu pokazane - to warstwy sygnałowe. Ścieżki poprowadzone na różnych warstwach zobrazowano przy pomocy różnych stopni szarości. Dodajmy, że w niektórych standardach przemysłowych taki projekt uznaje się za przeciętny z punktu widzenia wymagań technologicznych (jedna ścieżka pomiędzy nóżkami układu scalonego, stosunkowo "niewielka" liczba warstw sygnałowych) i stopnia komplikacji (mniej niż 600 połączeń sygnałowych).

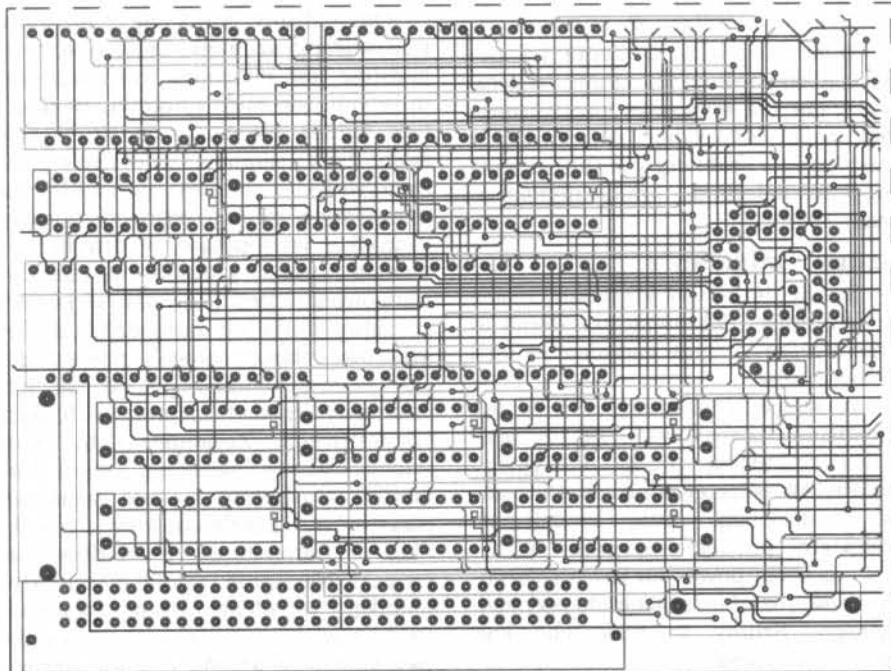
W projekcie amatorskim może jednak również dojść do sytuacji, że na jednej warstwie nie mieszczą się wszystkie połączenia. Wtedy sięgamy najpierw po symulację warstwy górnej, czyli zwory. Wykorzystanie zwor można uznać za rozwiązanie kompromisowe w sytuacji, kiedy jeszcze nie

opłaca się sięgać po druk dwuwarstwowy, bo przeniesień na górną warstwę jest relatywnie niedużo (szacuje się, że nie więcej niż 5% wszystkich połączeń), a nie ma już fizycznej możliwości wytyczenia połączenia na warstwie dolnej. Tak dzieje się podczas projektowania dużych układów analogowych i nieskomplikowanych układów cyfrowych.

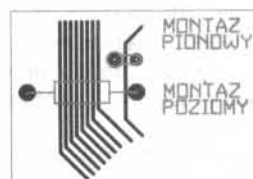
Przyjąć należy zasadę, że na płytce jednostronnej (tak w żargonie nazywa się druk jednowarstwowy, płytka oczywiście ma zawsze dwie strony) większość podzespołów jest usytuowana poziomo. Usytuowanie takie oznacza, że odstęp między punktami lutowicznymi podzespołu powinny być jak największe. Mowa szczególnie o podzespołach z wyprowadzeniami osiowymi, jak rezystory, dławiki, niektóre kondensatory, diody, cewki, wybrane odmiany transformatorów. W takiej sytuacji można pod podzespołem przeprowadzić więcej ścieżek niż gdyby był on ustawiony pionowo. Pozwala to na łatwiejsze ominięcie już poprowadzonego połączenia (**rysunek 8**).

Najczęściej stosowaną metodą unifikacji odstępów między elementami druku jest stosowanie rastru. W projekcie na papierze w kratkę jest to konsekwentne trzymanie się linii kraty i wykonywanie załamań ścieżek pod kątem równym wielokrotności 45° w punktach przecięć linii kraty. Program CAD z reguły pracuje z rastrem i opcjonalnie narzuca załamanie pod kątem 45° lub pod dowolnym kątem.

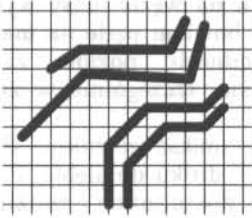
Większość programów CAD-PCB, które dotarły do kraju, pochodzą z USA, gdzie obowiązuje angielski (całowy) system miar. Podobnie ma się



Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.

sprawa z urządzeniami technologicznymi do wytwarzania obwodów drukowanych, jak fotoploter i wiertarki numeryczne. Programy te są zorientowane na ten system i współrzędne są podawane w calach bądź w tysięcznych częściach cala, zwanych mils (1 mil = 25,4µm). Wprawdzie od 1 stycznia 1995 Amerykanie mają przejść na metryczny system miar, jednak siła przyzwyczajenia jest duża, także u projektantów w Polsce, trzeba więc przyjąć, że łatwiej będzie nam się poruszać w wymiarze opartym na liczbach całkowitych wyrażających współrzędne w milsach niż na przeliczniku ułamkowym dla milimetrów. Niektóre programy potrafią pracować w systemie metrycznym, jednak tak naprawdę mniej lub bardziej dokładnie przeliczają miarę calową na metryczną, a całość informacji jest zapisywana w mierze calowej.

Skok rastru (ang. grid), używany do projektowania obwodów drukowanych, wynosi najczęściej 25 mils. Ta wartość jest kompromisem między możliwościami technologii trawienia miedzi na laminacie a spotykanymi standardami układu nóżek w podzespołach. Dla niewyszukanej technologii dostępnej amatorom minimalna dopuszczalna wartość odstępu między niepołączonymi węzłami wynosi w przeliczeniu 8...10 mils, a minimalna szerokość ścieżki sygnałowej wynosi ok. 12...15 mils, czyli suma wartości skrajnych wyniesie 20...25 mils. Z drugiej strony, nóżki układu scalonego przeznaczone do montażu

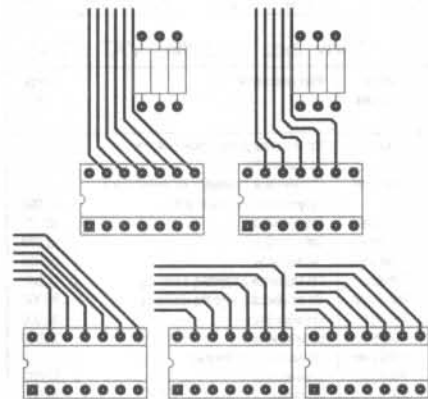
przewlekane są ustawione ze skokiem 100 mils. Standardowo przyjmuje się, że pomiędzy dwiema nóżkami układu scalonego przejdzie jedna ścieżka. Użycie rastru o skoku 25 mils pozwala zatem na sprowadzenie nóżek większości podzespołów do węzła rastru.

Znakomita większość początkujących projektantów druku szybko wpada w manierę zaniżania wielkości oczka rastru. Najlepiej pracuje im się z najmniejszym oczkiem dostępnym w programie, zwykle 1-5 mils. Można wtedy najdokładniej poprowadzić ścieżki, najdokładniej ustawić punkty lutownicze, zwłaszcza podzespołów o rozstawie metrycznym. Jest to prawda, ale nie biorą oni pod uwagę wspomnianej wyżej dokładności technologii, niedokładności wykonania kliszy, błędów wprowadzanych przez wiertarkę numeryczną. Jeśli się weźmie pod uwagę te czynniki, to okaże się, że skok rastru 25 mils wydaje się być czasem jeszcze za drobny. Przesunięcie ścieżki czy punktu o 1...5 mils w dowolnym kierunku nie ma tu istotnego znaczenia i mieści się w statystycznym błędzie metody. Za to jak rośnie nam pracochłonność projektu! Proszę zauważyć, że pracujemy na płaszczyźnie i każda zmiana liniowego wymiaru rastru odbija się zmianą liczby dostępnych węzłów rastru w kwadracie tej zmiany, czyli ustawia-

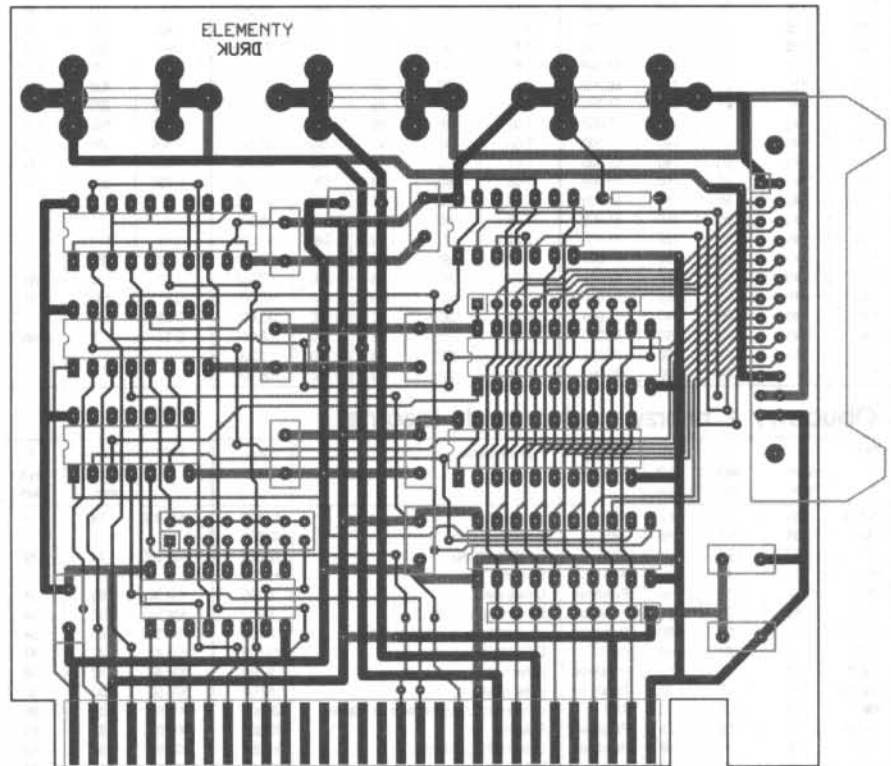
jąc 1 mils wielkości oczka rastru wobec proponowanych 25 mils natychmiast dostajemy 625 razy więcej punktów do wyboru na tym samym obszarze. Kolejnym utrudnieniem przy pracy z małym oczkiem rastru jest problem z zachowaniem równoległości ścieżek względem siebie (rysunek 9) oraz utrzymaniem tego samego kąta załamania ścieżek. Wystarczy niewielkie drgnięcie ręki prowadzącej myszkę, aby kursor się poruszył. Taka płytko po wykonaniu wygląda jak malowana ręcznie.

Istnieje kilka technik załamania ścieżek, co przedstawia rysunek 10. Załamywanie ścieżek stosujemy tylko w celu zmiany kierunku prowadzenia. W typowym projekcie, zawierającym obudowy prostokątne ustawiane równoległe do osi układu kartezjańskiego obowiązującego w projekcie, ukośne ścieżki zabierają o ok. 40% więcej powierzchni niż ścieżki prowadzone ortogonalnie, dlatego należy minimalizować ich liczbę.

Płytki do układów cyfrowych i układów montowanych techniką montażu powierzchniowego projektuje się jako obwody dwuwarstwowe. Próby ich realizacji na druku jednowarstwowym kończą się płytką z olbrzymią liczbą zwor, urządzenie przypomina wspomnianego we wstępie „paką”. Wtedy bardziej niezawodnym jest montaż techniką owijania wyko-



Rys. 10.



Rys. 11.

nany na jednowarstwowej płytce uniwersalnej.

Na płytkach jednowarstwowych prowadzenie ścieżek rozpoczynamy od ścieżek najkrótszych, położonych bez załamań oraz węzła masy. Nie jest wskazane używanie zwor na węzle masy ze względu na możliwość pojawienia się w układzie zakłóceń pochodzących od zasilania, dobrze jest także ścieżki masy pogrubić. Potem realizujemy połączenia coraz dłuższe. W trakcie kładzenia kolejnych połączeń zaczyna brakować możliwości przejścia i miejsca na kolejne wytyczenie. Należy zatem dokonać takiego przesunięcia już ustawionych ścieżek, żeby ono się pojawiło. Jeśli jest to niemożliwe, pomagamy sobie kładąc mostek zwory, pod nią powinno przejść jak najwięcej ścieżek.

Zasada „upychania” ścieżek sygnałowych na dolnej warstwie nie zmienia się nawet wtedy, gdy projektujemy na dwóch warstwach. Po

prostu górną warstwę trzeba traktować jako pomocniczą. Tutaj dodatkowo stosujemy regułę ortogonalności warstw, polegającej na generalnym wzajemnie prostopadłym ukierunkowaniu ścieżek dla pary warstw. Oznacza to, że np. na dolnej warstwie prowadzimy ścieżki tylko pionowo i, aby zmienić kierunek na prostopadły, stawiamy przelotkę, prowadząc dalej poziomą ścieżkę na warstwie górnej (rysunek 11).

Na warstwie górnej prowadzimy zasilania, które stanowią naturalny ekran. Mowa tu również o „gorących” biegunach zasilania, bowiem dla sygnałów są one przeważnie na potencjale masy, zwarte przez duże pojemności. Żeby zobaczyć, jak robią to profesjonaliści, wystarczy wyjąć z komputera PC dowolną kartę i prześledzić prowadzenie nie ścieżek, lecz powierzchni masy. Masą wypełnia się praktycznie każde wolne miejsce na płytce. **Uwaga! Tylko w wyjątkowych**

sytuacjach na węzle masy wykonuje się pętle, bowiem pętle na masie też mogą podnosić poziom zakłóceń w układzie, szczególnie w zakresie w.cz.

Należy unikać zbytniego zbliżania elementów druku do siebie. Praca na granicy dostępnych możliwości technologicznych jest niewskazana, bowiem jakiegokolwiek pogorszenie się warunków wykonawstwa płytek spowoduje niedotrąwienia ścieżek. Nawet kiedy dysponujemy dobrą technologią, musimy pamiętać, że zmuszamy wykonawcę do droższych i bardziej skomplikowanych zabiegów. Z tego powodu, jeśli to możliwe, nie prowadzimy ścieżek między nóżkami układu scalonego i w pobliżu rzędów nóżek. Dobrze jest ustawić w programie wielkości dopuszczalnych separacji między elementami druku o 10...20% większe niż zapewnia je proces trawienia.

Miroslaw Lach