

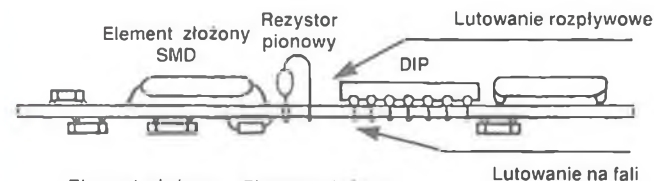
ZASADY PROJEKTOWANIA PŁYTEK DRUKOWANYCH

Konfiguracja podzespołów na płytach drukowanych

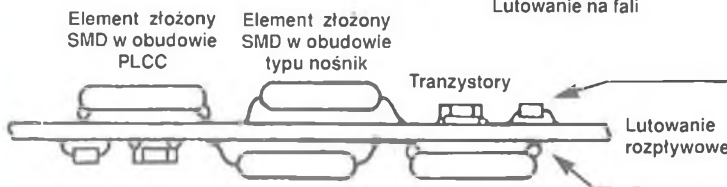
Przebieg montażu podzespołów na płytach drukowanych w technologii powierzchniowej zależy od przyjętej konfiguracji podzespołów na płycie. Tradycyjnie mówi się o konfiguracji typu III (rys.1) wtedy, gdy podzespoły przewlekane umieszczone są po jednej stronie płytki (strona elementów), a podzespoły powierzchniowe po drugiej stronie (strona ścieżek). Ten typ konfiguracji podzespołów na płycie jest stosowany przez firmy, w pierwszym etapie wprowadzania montażu powierzchniowego. Cechuje go większa gęstość upakowania niż montażu przewlekanego. Stosuje się go do prostych układów (płytki mogą być jednostronne). Należy jednak pamiętać, że podzespoły powierzchniowe muszą być klejone do płytek, a w trakcie lutowania są zanurzane w ciekłym lucie.

O konfiguracji typu II (rys. 2) mówimy wtedy, gdy podzespoły powierzchniowe umieszcza się po obu stronach płytki, a podzespoły przewlekane tylko po jednej stronie płytki. Najczęściej po jednej stronie (dolnej) płytki umieszcza się podzespoły powierzchniowe odporne na zanurzenie w ciekłym lucie, a po drugiej (górnej) podzespoły przewlekane i powierzchniowe nieodporne na zanurzenie w ciekłym lucie. Ten typ montażu nazywamy mieszanym.

Należy jednak pamiętać, że płytka będzie lutowana dwa razy (oddzielnie każda ze stron) i to raz rozplywowo (góra), a potem na fali (dół). Na górnej powierzchni powinny się wtedy znaleźć wszystkie większe podzespoły SMD, a zwłaszcza wielowyprowadzeniowe układy scalone oraz podzespoły przewlekane, a na dolnej powierzchni małe podzespoły SMD oraz wyprowadzenia podzespołów przewlekanych. Jeśli konstrukcja płytki w ponad 90% wykorzystuje podzespoły SMD, to wtedy korzystnym jest montaż polegający na dwustronnym



Rys. 2. Konfiguracja podzespołów typu II



Rys. 3. Konfiguracja podzespołów typu I

lutowaniu rozplywowym, a montaż przewlekany wykonuje się ręcznie lub na fali po uprzednim zamaskowaniu podzespołów przylutowanych rozplywowo. Ujemną stroną tej konfiguracji jest wzrost liczby operacji i potrzebnych urządzeń. Charakteryzuje się ona jednak względnie dużą gęstością upakowania.

O konfiguracji typu I mówimy wtedy, gdy na płycie montowane są wyłącznie podzespoły powierzchniowe po jednej lub obu stronach płytki. Umożliwia ona uzyskiwanie największych gęstości montażu (rys.3). Niekiedy dokonuje się podziału montażu powierzchniowego na „czysty powierzchniowy” (typ I) i mieszany (typ II lub III), na płycie występują wtedy podzespoły przewlekane i powierzchniowe.

Rozmieszczanie podzespołów

Należy pamiętać, że na każdej płycie drukowanej można wyróżnić cztery strefy:

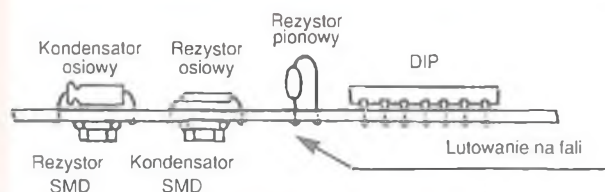
- strefę montażu (centralną część płytki),
- strefę złącza (zwykle na jednym z krótszych boków),
- strefę kontroli zewnętrznej (zwykle po przeciwnej stronie niż złącze),
- strefę prowadzenia / mocowania (wzdłuż dwóch dłuższych boków).

W strefie montażu montowane są podzespoły elektroniczne czynne i biernie, podzespoły elektromechaniczne, a także prowadzi się w niej połączenia sygnałowe, rozprzodza zasilanie i uziemienie.

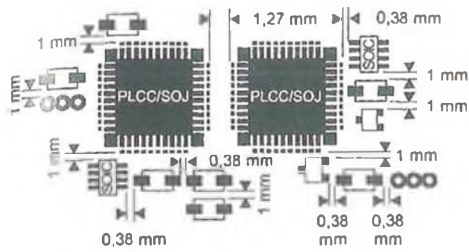
Jest oczywiste, że głównymi czynnikami decydującymi o usytuowaniu podzespołów jest ustalona w projekcie sieć połączeń oraz wymagania dotyczące charakterystyki elektrycznej układu. Projektant płytki przed przystąpieniem do pro-

jektowania powinien mieć przemyślane takie zagadnienia jak: rodzaj technologii montażu, typ konfiguracji podzespołów, panelizację, otwory bazowe i punkty referencyjne, rozmieszczenie i orientacja podzespołów na płycie oraz sposób testowania. Unika się rozmieszczania podzespołów bardzo blisko krawędzi płytki jak również w miejscach, gdzie mogą być narażone na bezpośredni kontakt z uchwytnymi prowadzącymi płytkę czy sondami stosowanymi w testach. Jeśli jest to możliwe, to powinno się dążyć do stosowania płytek jednostronnych, stosowanie płytek dwustronnych jest znacznie droższe, a podzespoły narażane są dwukrotnie na szok termiczny.

Podzespoły podobne powinny być usytuowane na płycie według tej samej orientacji, ponieważ ułatwia to prowadzenie operacji ich układania, kontroli i lutowania. Podzespoły w jednakowych obudowach powinny znajdować się po tej samej stronie płytki. Dzięki temu ich montaż będzie ułatwiony. Między podzespołami SMD należy zachować odpowiednie odległości, które ułatwiają nie tylko montaż, ale także mycie, testowanie, kontrolę i ewentualne naprawy. Zalecana odległość między polami sąsiadujących podzespołów powinna wynosić $0,375 \pm 0,4$ mm. Wyjątkiem są układy PLCC, które powinny być umieszczane tak, aby wszystkie połączenia lutowane mogły być obserwowane pod kątem 45° lub 60° bez żadnej przeszkody ze strony elementów sąsiadujących. Zwykle odległość 1,27 mm jest wystarczająca. Podobnie jest z małymi podzespołami SMD, które ze względu na małą masę unoszą się na powierzchni stopionego spoiwa i dlatego należy zapewnić odpowiednie odległości między nimi, tu zwykle wystarcza 1 mm. Należy także przewidzieć odpowiednie odległości pomiędzy podzespołami do montażu przewlekanego, zwłaszcza, jeśli

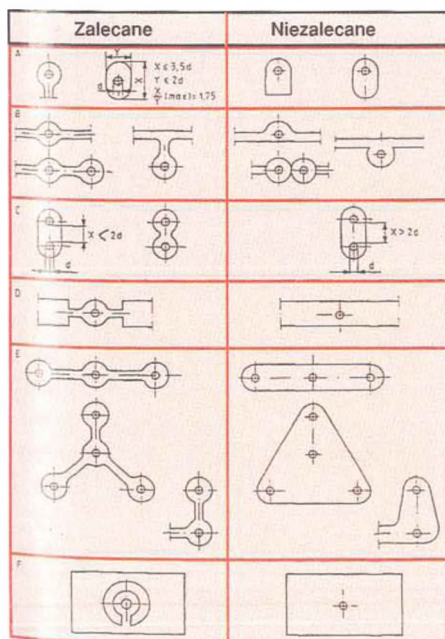


Rys. 1. Konfiguracja podzespołów typu III



Rys. 4. Zalecane odległości między różnymi typami podzespołów półprzewodnikowych

planowany jest montaż automatyczny. Automaty do tego celu wymagają odpowiednich prześwietów dla głowicy mocującej oraz narzędzi do cięcia i zaginania wyprawań. Przy montażu mieszanym trzeba pamiętać o wolnej przestrzeni dookoła podzespołu przewlekane. Zalecane odległości między podzespołami powierzchniowymi różnych typów pokazano na rys. 4. Wybrany sposób lutowania oraz wybrane do układania podzespołów urządzenie ma wpływ na orientację podzespołów. Stała orientacja podzespołów na płytce nie jest obligatoryjna, ale jednakowe ich usytuowanie poprawia wydajność montażu i kontroli. W przypadku podzespołów przewlekanych ich jednakowa orientacja zmniejsza czas montażu, ponieważ głowica automatu ma zwykle stałe położenie a obracanie płytki jest kłopotliwe. W automatach do montażu powierzchniowego głowica jest ruchoma i może obrócić podzespół przed montażem. Jednakowa orientacja podzespołów SMD jest preferowana w procesie lutowania rozplwowego, natomiast konieczna jest w procesie lutowania na fali. Takie usytuowanie



Rys. 5. Zalecane i niezalecane konstrukcje punktów lutowniczych w montażu przewlekany

Minimalne szerokości ścieżek w [mm]

	Laminat z folią 17,5 μm	Laminat z folią 35 μm
Minimalna szerokość ścieżki zewnętrznej	380	900
Minimalna szerokość ścieżki wewnętrznej	250	380
Minimalna odległość między ścieżkami	63	63

podzespołów eliminuje możliwość powstania mostków lutowniczych między wyprawańkami układów scalonych. Taką orientację można uzyskać stosując się do następujących zaleceń:

- wszystkie podzespoły bierne powinny być umieszczane równolegle względem siebie,
- długa oś podzespołów biernych powinna być ustawiona prostopadłe do kierunku przechodzenia przez fałę,
- długa oś układów scalonych powinna być umieszczona równolegle do kierunku przechodzenia płytki przez fałę, długie osie układów scalonych i podzespołów biernych powinny być do siebie prostopadłe.

Rozprowadzanie ścieżek i położenie pól lutowniczych

Pole lutownicze jest miejscem, w którym łączy się elektrycznie i mechanicznie wyprawańki podzespołu elektronicznego ze ścieżką drukowaną, będącą fragmentem sieci połączeń wykonanych na powierzchni płytki drukowanej. Połączenia pomiędzy poszczególnymi warstwami przewodzącymi płytki wykonuje się za pomocą otworów przelotowych. Należy unikać projektowania otworów przelotowych w obrębie pól lutowniczych, gdyż lutowie może migrować z pól w otwory metalizowane w trakcie lutowania rozplwowego. Zalecana minimalna odległość otworu przelotowego od pola powinna wynosić 0,635 mm. Projektowanie szerokich ścieżek daje podobny efekt. Ścieżka staje się wtedy "złodziejem" spoiwa. Dlatego też powinny być one pokrywane maską przeciwłutową oraz być cieńsze na odcinku łączącym ścieżkę z polem lutowniczym. Co więcej, w płytkach wielowarstwowych ścieżka prowadząca do otworu przelotowego, który jest połączony z wewnętrzną warstwą zasilania lub masy, może działać jako element odprowadzający ciepło od pola lutowniczego w trakcie lutowania.

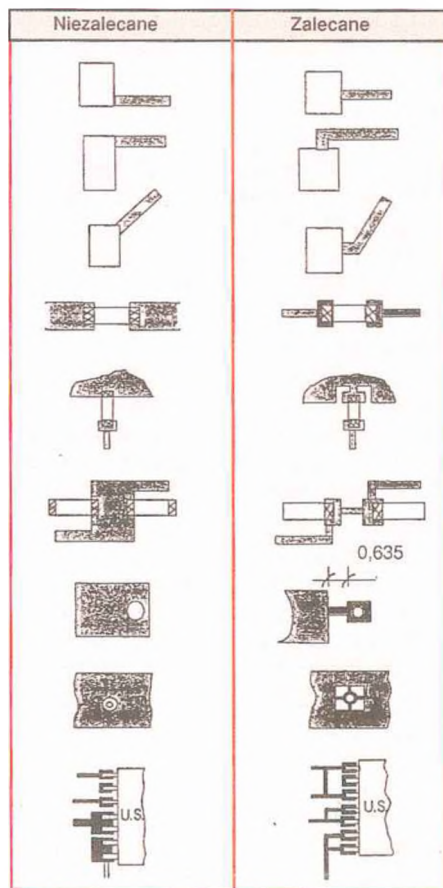
Na rysunkach pokazano zalecane i nie zalecane konstrukcje punktów lutowniczych w montażu przewlekany (rys. 5) i powierzchniowym (rys. 6).

Ogólne uwagi dotyczące rozprowadzenia ścieżek na płytce drukowanej można sformułować następująco:

- rozkład ścieżek po obu stronach płytki i w warstwach wewnętrznych musi być "zrównoważony", aby zapewnić równomierne nagrzewanie w trakcie lutowania,
- długość ścieżek należy ograniczyć do

minimum, pojemność ścieżek staje się istotna przy częstotliwościach 800÷900 MHz, rozłożona pojemność między ścieżkami, umieszczonymi jedna nad drugą sięga 1pF/stopę (ok. 0,1 pF/cal),

- ścieżki zasilania i masy w warstwach wewnętrznych trzeba "podziurkować" polami 0,8 x 0,8 mm,
- ścieżki powinny być jak najszersze; szerokość jest funkcją grubości folii, minimalna szerokość ścieżek wynosi 0,2 mm i tyle samo wynosi odległość między ścieżkami,
- minimalna odległość ścieżki od krawędzi dla płytek jednostronnych wynosi 0,4 mm, a dla dwustronnych – 0,5 mm,
- połączenie ścieżki z polem lutowniczym nie może przekraczać 1/3 szerokości pola,
- wszystkie ścieżki powinny mieć kąty rozwarte; zmiana kierunku ułożenia ścieżki o 90° powinna powstawać z połączenia dwóch kątów rozwartych; żadne z wyprawańki podzespołów nie może przykrywać maski przeciwłutowej,



Rys. 6. Niezalecane i zalecane konstrukcje punktów lutowniczych w montażu powierzchniowym

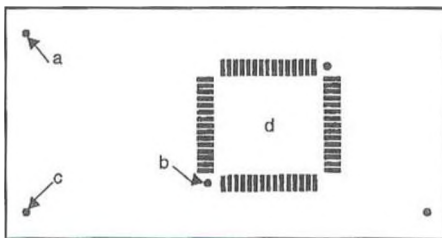
- nie powinno się prowadzić ścieżek pomiędzy wyprowadzeniami układu scalonego, chyba że jest to układ PGA z podziałką 1,27 mm lub większą, wtedy muszą być pokryte maską przeciwłutową i bieć środkiem,
- każde z wyprowadzeń układu scalonego musi mieć indywidualne pole lutownicze,
- zalecana średnica przelotek – 0,5 mm (min. 0,3 mm),
- zalecana odległość między ścieżką a polem lutowniczym – 0,18 mm,
- zalecana odległość między podzespołami – równa wysokości większego,
- zalecana odległość między ścieżką a ścieżką bez maski przeciwłutowej – 0,5 mm,
- zalecana odległość między ścieżką a ścieżką z maską przeciwłutową – 0,25 mm.

Otworki bazowe, znaki optyczne i pola testowe

Projektant zazwyczaj nie wie, na jakich urządzeniach będzie montowana projektowana przez niego płytki. Dlatego powinna być wyposażona zarówno w otworki bazowe (bez metalizacji), do mechanicznego systemu ustawiania płytki, jak i w znaczniki optyczne niezbędne do montażu na automatach z optycznym pozycjonowaniem. Otworki bazowe, znaczniki optyczne lub punkty referencyjne muszą być wykonywane w jednym procesie, jednocześnie z wykonywaniem otworów i wytwarzaniem mozaiki przewodzącej. Otworki bazowe i punkty referencyjne stanowią dostępne punkty odniesienia dla wszystkich operacji montażu. Punkty referencyjne główne są przeznaczone do lokalizacji mozaiki przewodzącej na pojedynczej płytce.

Punkty referencyjne lokalne (rys. 7) są przeznaczone do określania lokalizacji konkretnego podzespołu. Są one niezbędne w przypadku montażu układów scalonych w obudowach „fine-pitch”. Wskazane jest stosowanie punktów referencyjnych o tym samym wymiarze. Zalecane kształty punktów referencyjnych dla optycznych systemów wizyjnych przedstawiono na rys. 8.

Sposób testowania powinien być określony już na początku projektowania. Potrzebna jest świadomość rodzaju sprzętu do automatycznego testowania. Testery zwykle wymagają próżniowych uchwytów do mocowania płytek. Płytki mogą być testowane jednostronnie, a niekiedy dwustronnie. Nie powinno się umieszczać punktów testowych w odległości mniejszej od 0,45+2,5 mm od podzespołu SMD (zależnie od jego wielkości). Niestosowanie się do zalecenia może prowadzić do uszkodzeń próbnika. Punkt testowy powinien także znajdować się w od-



Rys. 7. Lokalne punkty referencyjne

ległości co najmniej 0,2÷0,4 mm od otworu przelotowego, w zależności od szerokości pola metalizacji otworu. Punkt testowy powinien znajdować się nie bliżej niż 3,2 mm od krawędzi płytki, a to z uwagi na konieczność odpowiedniego próżniowego uszczelnienia. Jeżeli na płytce są mechaniczne przeszkody o wysokości przekraczającej

ZALECANE	
●	Wypełnione koło o średnicy 1,5 mm
INNE	
■	Wypełniony kwadrat o boku 2,0 mm
◆	Wypełniony romb o boku 2,0 mm
+	Pojedynczy krzyż o wysokości 2,0 mm
⊞	Podwójny krzyż o wysokości 2,0 mm

Rys. 8. Punkty referencyjne dla systemów wizyjnych

2,5 mm, to środek pola testowego powinien leżeć 3,75 mm od przeszkody. Przy niższych przeszkodach odległość ta powinna wynosić 0,88 mm.

Ryszard Kisiel
Cezary Rudnicki