

Oto trzeci i ostatni odcinek artykułu dla początkujących projektantów płytek drukowanych.



Projektowanie obwodów drukowanych część 3

Minimalizacja liczby przelotek i zwor

Ten zakres pracy nad projektem może niektórym wydać się stratą czasu. Po co jeszcze się męczyć, skoro wszystkie połączenia zostały wykonane?

Warto temu poświęcić parę chwil z kilku ważnych powodów. Zwory oznaczają dodatkową stratę czasu w czasie montażu układu. Jeśli jest to pojedynczy egzemplarz, to możemy sobie darować minimalizację liczby zwor. W przypadku dużej serii oznacza to niekiedy skrócenie czasu montażu nawet o kilka godzin.

Inaczej sprawa się przedstawia z minimalizacją liczby przelotek w druku dwuwarstwowym. W procesie technologicznym jedną z operacji jest metalizacja elektrolityczna płytki. W czasie procesu metalizacji miedziana jest cała powierzchnia płytki, łącznie z uprzednio powierzchniami otworami. Czasem może się zdarzyć, że wskutek trudnej zwilżalności otworów (np. z powodu wywiercenia otworu nieco stępionym wiertłem lub lokalnej wady materiałowej laminatu) roztwór metalizujący nie dotrze do jego wewnętrznej ścianki i tam warstwa metaliczna się nie wytworzy. Taki przypadek jest zdarzeniem losowym. Zmniejszenie prawdo-

podobieństwa wystąpienia tego zdarzenia polega na zmniejszeniu liczby przelotek na płycie. Jest tu o co walczyć, bowiem na płytkach dwuwarstwowych są budowane układy złożone i znalezienie niepomalizowanej przelotki czy punktu może być pracochłonne. Przykład usunięcia zbędnych przelotek pokazano na rys. 12.

Edycja elementów druku

Większość spotykanych punktów lutowniczych (ang. pad) ma kształt koła (ang. circle, circular). Poza tym kształtem używa się również innych. Są to:

- prostokąt (ang. rectangle), którego przypadkiem szczególnym jest kwadrat (ang. square),
- ośmiokąt (ang. octagon),
- owal (ang. rounded rectangle, oval),
- pocisk (ang. bullet),
- krzyż (ang. cross, crosshair),
- wielokrotny pierścień (ang. moire).

Dwa ostatnie kształty są przeznaczone przede wszystkim do bazowania i orientacji naświetlanej kliszy. Czasem dostępne są kształty specjalne, np. logo firmy. Dotyczą one jednak zestawu przysłon fplotera i w oprogramowaniu handlowym są nie spotykane.

Przyjęło się, że pad pierwszej nóżki układu scalonego ma kształt prostokątny. Ułatwia to podczas montażu szybka

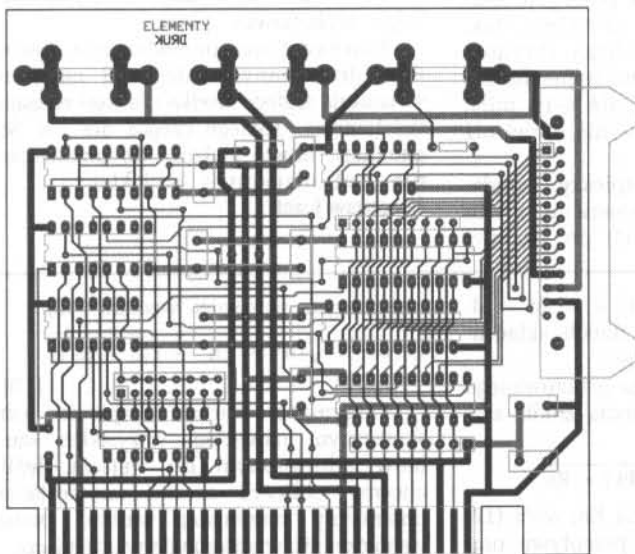
orientację układu scalonego na płycie.

Wielkość punktów lutowniczych ściśle zależy od średnicy otworu w przypadku podzespołów do montażu przewlekane i od wielkości kontaktu w przypadku podzespołów do montażu powierzchniowego.

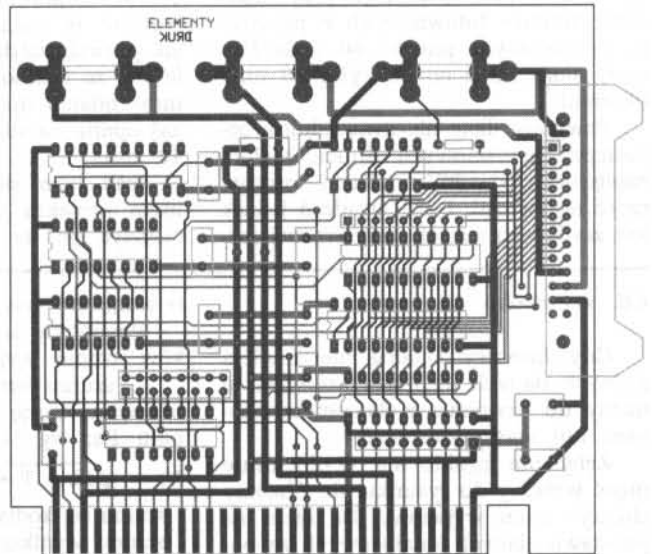
Minimalny rozmiar punktu z otworem przyjmuje się jako podwójną średnicę otworu. Im ten punkt większy tym lepiej. Większość płytek wykonywanych metodą naświetlenia nie daje się zbawować tak idealnie, aby otwór był umiejscowiony dokładnie w środku punktu. Za duży otwór w stosunku do wielkości całego punktu może znaleźć się na jego obrzeżu i nie będzie do czego przylutować nóżki podzespołu. Oczywiście ograniczeniem jego wielkości od góry jest rozdzielczość technologii. Czasem można powiększać punkt tylko wzdłuż jednej współrzędnej (patrz niektóre punkty owalne na rys. 12). Trzeba mieć na względzie, że najmniejszą powierzchnię o tym samym wymiarze charakterystycznym ma koło. Dlatego warto dokonać edycji tych punktów, wokół których jest nieco miejsca na ich powiększenie.

Nie wolno zmniejszać średnicy otworu, lepiej ją nieco powiększyć. Podzespół powinien wejść z luzem we wszyst-

PRZED MINIMALIZACJĄ



PO MINIMALIZACJI LICZBY PRZELOTEK



Rys. 12. Przykład efektów minimalizacji liczby przelotek

kie otwory. Ma to ogromne znaczenie w przypadku druku dwuwarstwowego. **Przed oddaniem do wykonawcy warto powiększyć średnicę otworu o min. 0,05...0,1mm**, bo tyle zabierze metalizacja. Zbyt mały otwór zmusza nas do rozwiercania go i tym samym zniszczenia metalizacji. Od strony elementów nie zawsze można podejść z lutownicą i zalutować nóżkę z tej strony.

Jeśli zamierzamy wiercić otwory na wiertarce numerycznej, to **lista średnic używanych wiertel powinna być zmniejszona do niezbędnego minimum**. Jest to związane z niewielką pojemnością magazynka narzędzi, a przekroczenie jej wiąże się z zatrzymaniem maszyny i ponownym załadowaniem nową porcją wiertel, czego żaden operator wiertarki nie lubi, bo mało zarobi, a się napracuje, zaś na przyszłość podziękuję nam za współpracę. Bardzo często zdarza się, że proponowana średnica jest przeznaczona do wywiercenia zaledwie kilku otworów na średnio kilkaset występujących na płytce. Jestem przekonany, że zawsze można otwór nieco powiększyć wiertłem znacznie częściej używanym. Nie stosujemy wiertel o średnicy poniżej 0,6mm ze względu na kłopoty z ich zakupem oraz, co najważniejsze, takie otwory są trudniej zwilżalne przez roztwór metalizujący.

Nie wolno również zapominać o poszerzeniu ścieżek, gdzie to tylko możliwe. Jeśli układ ma pracować w zakresie b.w.cz., to trzeba to robić czujnie i za każdym razem wiedzieć, jaka będzie impedancja falowa ścieżki po zmianie jej szerokości. W pozostałych przypadkach, im szersza ścieżka tym lepiej. Minimalna szerokość ścieżek zasilających układów cyfrowych nie powinna być mniejsza niż 40 mils (1mm), a ścieżek sygnałowych - 15 mils (0,38mm), ścieżek węzła masy - 50 mils (1,27mm). Ścieżka przechodząca między nóżkami układu scalonego przy średnicy punktów lutowniczych w przekroju poprzecznym punktu 60 mils (1,5 mm) może mieć co najwyżej 20 mils (0,5mm).

Powyższe dane nie uwzględniają ograniczeń napięciowych druku. Małym napięciom rzędu 30V wystarczy rozdzielczość technologii. Dużo urządzeń jednak jest zasilanych z sieci energetycznej jed-

nofazowej 220V, rzadziej z sieci trójfazowej 380V. Galwanicznym izolatorem od sieci jest przeważnie transformator. Jeśli zamierzamy umieścić go na płytce drukowanej musimy zwiększyć odstęp między punktami lutowniczymi przyjmując następujące dodatkowe reguły:

- wyraźnie oddzielić obszar na płytce przeznaczony do prowadzenia ścieżek „gorących” - połączonych z siecią,
- nie mieszać połączeń „zimnych” i „gorących” ze sobą,
- przyjąć, że pomiędzy strefą „zimną” i „gorącą” panuje napięcie co najmniej 1000V,
- zachować zasadę maksimum 300V różnicy napięć na każdy milimetr odległości, wartość tę można zwiększyć do 500V gdy stosujemy maskę lutowniczą (solder mask), w przypadku pracy urządzenia w trudnych warunkach klimatycznych (wilgoć) wartość ta powinna być zmniejszona nawet do 50V na 1mm,
- ścieżki powinny mieć łagodne załamania (co najwyżej o 45°),
- nie stosować prostokątnych punktów lutowniczych.

Powyższe uwagi dotyczą również występowania podwyższonych napięć w całym układzie.

Sa takie sytuacje, że przy obrysie płytki zostanie położona „samotna” ścieżka, znacznie oddalona od pozostałych. Jeśli ma ona tam zostać, musi być poszerzona 2-3-krotnie. Inną metodą jest „przytulenie” jej do najbliższej grupy ścieżek. Pominięcie tego zabiegu kończy się strawieniem jej fragmentu.

Zabiegi końcowe

Jednym z zabiegów końcowych jest sprawdzenie reguł projektowania. Większość programów posiada polecenie DRC (ang. Design Rule Check, Dimension Check) pozwalające sprawdzić poprawność odstępów między elementami druku w oparciu o listę połączeń. Odległości te mogą być ustawiane tak, jak pozwala użyta technologia. Przyjmuje się, że technologia emulsyjna musi mieć odstęp nie mniej niż 8-10 mils, zaś oparte na sitodruku - nie mniej niż 12 mils.

Jeśli nam się nie spieszy z oddaniem projektu do wykonawcy, warto odłożyć go na 1-2 dni, po to, aby

„zszedł z oczu”, potem do niego powrócić. Na pewno jeszcze zrobimy poprawki. Jeśli projektujemy na papierze, jest niemal obowiązkiem oddać projekt do sprawdzenia komu innemu.

No i mamy projekt!

Na koniec zbierzmy zasady, sformułowane powyżej.

1. Najpierw skończyć projektowanie i analizę działania układu, potem dopiero przystępować do projektowania druku.

2. Rozmieszczać podzespoły minimalizując sumaryczną długość połączeń na płytce.

3. Unikać zbytnich zagęszczeń ścieżek, znaleźć obejścia w celu ich rozrzedzenia.

4. Projektować ścieżki sygnałowe przede wszystkim na warstwie dolnej, górna warstwa jest przeznaczona dla zasilających i masy.

5. Załamywać ścieżki pod kątem 45° lub łagodnym łukiem.

6. Główne ciągi ścieżek prowadzić pionowo lub poziomo, ścieżki ukośne używać do zmiany kierunku wytyczenia lub lokalnych, krótkich połączeń.

7. Stosować zasadę ortogonalności wytyczeń na druku dwuwarstwowym.

8. Nie łałować miedzi na masę, potem zasilania, na końcu na ścieżki sygnałowe.

9. Nie wychodzić poza przyjęty na początku projektowania raster. Jeśli to musimy uczynić, zmniejszać go dwukrotnie.

10. Usuwać zbędne przelotki i zwory.

11. Powiększać otworowanie i punkty lutownicze, nie przekraczając połowy średnicy wymiaru punktu.

12. Stosować najwyżej 5 średnic wiertel.

13. Stosować ograniczenia wysokościowe, jeśli to konieczne.

14. Wielokrotnie używać opcji DRC lub dawać się kontrolować.

15. Projektować zawsze dla konkretnego wykonawcy płytki.

Powyższy opis projektowania obwodów drukowanych nie miał na celu wskazania złotego środka dla tego rodzaju działalności. Takiego czegoś nie ma. Są natomiast długie godziny do przesiedzenia nad niejednym projektem.

Miroslaw Lach

Cd. ze strony 48

Gdy firmowy katalog nie zawiera żadnych danych na temat szumów, to mamy do czynienia z elementem, którego nie warto stosować.

Żeby nie zgubić się w płataninie pojęć wróćmy do rysunku 5b. Chcemy obliczyć szum wyjściowy. Na razie, na podstawie danych katalogowych za pomocą wzorów (17) i (18) obliczyliśmy napięcie i prąd szumów E_n , I_n w in-

teresującym nas pasmie $B = f_g - f_d$.

Powróćmy więc do trzech składników szumu wyjściowego:

- szumu termicznego generowanego przez rezystancję wewnętrzną źródła sygnału R_s ; wg (12)

$$U_t = \sqrt{4k \cdot T \cdot (f_g - f_d) \cdot R_s}$$

- szumu ze źródła napięcia E_n ; wzór (17)

- szumu wynikającego z przepływu prądu szumów przez rezystancję R_s ; wzór (18).

Dodajemy te trzy szумы zgodnie

z poznanym wcześniej wzorem (10):

$$U_{unw} = \sqrt{U_t^2 + E_n^2 + (I_n \cdot R_s)^2} \quad (19)$$

Otrzymana wartość napięcia jest skutecznym napięciem wszystkich szumów odniesionym do wejścia. Jeśli chcemy obliczyć szumy na wyjściu pomnożmy otrzymaną wartość przez współczynnik wzmocnienia wzmacniacza - to wszystko!

Piotr Górecki