

Projektowanie płytek (2)

Ekranowanie i powody ekranowania



Wraz z rozwojem elektroniki znacząco zwiększyło się natężenie tak zwanego smogu elektronicznego. Skutkiem tego, na projektowane urządzenia zostały nałożone specjalne normy emisji, jak i wrażliwości, które każde z nich powinno bezwzględnie spełnić. W tej części cyklu zajmę się omówieniem sposobów ekranowania stosowanych w nowoczesnym projektowaniu obwodów drukowanych.

Prędzej czy później, każdy projektant spotka się z problemem zabezpieczenia przed zakłóceniami wrażliwych części obwodu. Przyczyną jest obniżenie odporności na zakłócenia poszczególnych komponentów, a powodem tego obniżenia jest paradoksalnie – postęp technologiczny. Rozróżnia się trzy główne źródła owej zwiększonej wrażliwości: miniaturyzacja struktur komponentów, obniżenie napięć zasilających a tym samym zmiana wartości napięć progów przełączania oraz zwiększenie częstotliwości pracy.

Postępu technologicznego nie można powstrzymać, natomiast projektant może całkiem skutecznie chronić wrażliwe komponenty przed wpływem niepożądanego promieniowania elektromagnetycznego. Należy jednak wspomnieć, iż stosowanie technik ekranowania bez odpowiedniego filtrowania nie ma sensu. Jedynie równoczesne stosowanie obu tych technik przynosi pozytywne rezultaty.

Przyczyny ekranowania na PCB

Istnieje kilka przyczyn przeniesienia ekranowania urządzenia na poziom obwodu drukowanego. Najbardziej istotnym powodem zmiany techniki ekranowania jest niemożliwość ekranowania za pomocą obudowy wrażliwych części obwodu drukowanego przed oddziaływaniem fal wielkiej częstotliwości. Kolejne powody to:

- ekranowanie przenoszone jest na najniższy poziom montażu,
- ekranowanie nie zwiększa znacząco wagi urządzenia,
- pozwala na większą gęstość upakowania elementów, niż inne metody ekranowania,
- jest to najlepsza metoda ekranowania zapewniająca wysoką ochronę wrażliwych komponentów pracujących w tzw. hałaśliwym środowisku, czyli w pobliżu anten urządzeń do transmisji bezprzewodowej,
- poprawa wyglądu urządzeń (przeniesienie anten do wnętrza obudowy, bądź wręcz zintegrowanie ich z drukiem).

Ekranować, w zależności od potrzeb, można poszczególne komponenty, grupy komponentów, obszary płytki drukowanej, całą płytkę lub całe urządzenie.

Parametry

Natężenie pola przechodzącego przez ekran tłumione jest w wyniku odbicia i absorpcji energii. Tłumienie odbiciowe zależy od częstotliwości, rodzaju pola, właściwości materiału ekranu i odległości ekranu od źródła pola.

W teorii zjawisk falowych efekt odbicia tłumaczy się niezgodnością impedancji falowych ekranu i środowiska otaczającego ekran. W rozważaniach praktycznych pomija się zwykle, jako mały, efekt tłumienia wynikający z odbicia energii wewnątrz materiału ekranu.

Tłumienie absorpcyjne zależy od właściwości elektrycznych i magnetycznych materiału ekranu, jego grubości oraz częstotliwości, natomiast praktycznie nie zależy od rodzaju pola padającego na ekran

Natężenie pola przechodzącego przez ekran jest tłumione na skutek absorpcji energii i jej odbicia. Tłumienie odbiciowe zależy od częstotliwości i rodzaju pola, właściwości materiału ekranu, jak również odległości pomiędzy ekranem o źródłem pola. W praktyce

często pomija się efekt tłumienia wynikający ze zjawiska odbicia energii wewnątrz materiału ekranu. Tłumienie absorpcyjne silnie zależy od elektrycznych i magnetycznych właściwości materiału ekranu, jego grubości, częstotliwości pola.

W praktyce ekrany charakteryzowane są przez dwa główne parametry: impedancję oraz skuteczność ekranowania. O ile pierwszy parametr ma ścisły związek z częstotliwością pola oraz rodzajem wykorzystanego materiału, o tyle na drugi ma wpływ kilka interesujących czynników. Wśród nich należy wymienić: częstotliwość pola, strukturę geometryczną, rodzaj pola (składowa elektryczna czy magnetyczna), kierunek padania pola. Skuteczność ekranowania wyrażana jest w decybelach i określa stopień tłumienia odpowiedniej składowej pola elektromagnetycznego. Można ją wyznaczyć z następującego wzoru:

$$K_E = 20 \log (E_{ZEW} / E_{WEW})$$

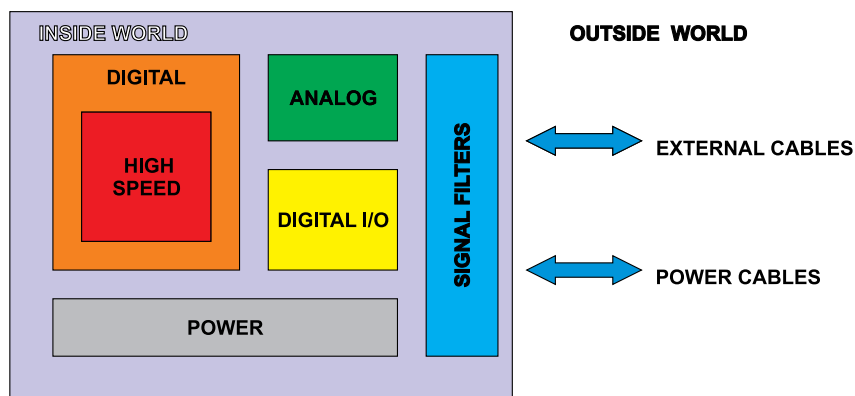
gdzie:

K_E – skuteczność ekranowania,

E_{ZEW} – natężenie składowej pola na zewnątrz ekranu,

E_{WEW} – natężenie składowej pola wewnątrz ekranu.

Ekranowanie wysoko-impedancyjnych pól elektrycznych jest stosunkowo proste i przy użyciu nawet cienkich ekranów można osiągnąć duże wartości współczynników tłumienia. Tłumienie ekranów maleje ze wzrostem częstotliwości. Paradoksalnie skuteczność ekranowania maleje ze wzrostem odległości między źródłem i ekranem, ponieważ zmniejsza się impedancja pola.



Rys. 1.



Ekranowanie magnetycznych pól bliskich, zwłaszcza przy niskich częstotliwościach, jest bardzo trudne i skuteczne rozwiązanie prowadzi zawsze do masywnych, grubych ekranów wykonanych z materiałów ferromagnetycznych. Skuteczność ekranowania wzrasta w miarę wzrostu częstotliwości. Odwrotnie niż w przypadku pola elektrycznego, impedancja pola magnetycznego rośnie wraz z odległością i dlatego skuteczność ekranowania wzrasta przy większych odległościach między źródłem i polem.

Segregacja

Terminem tym określa się zaawansowane techniki segregacji poszczególnych elementów tworzące bloki funkcjonalne obwodu w odpowiednich rejonach płytki, tak aby było możliwe prawidłowe i optymalne funkcjonowanie budowanego urządzenia. Proces ten należy prowadzić od początku rzeczywistego procesu projektowego, gdy jeszcze nie rozplanowaliśmy technik filtrowania i ekranowania.

Segregację rozpatruje się na dwóch płaszczyznach:

- *Outside world* – płaszczyzna obejmująca zapewnienie odpowiedniego poziomu EMC urządzenia uwzględniająca szkodliwe oddziaływania środowiska zewnętrznego, jak i szkodliwego oddziaływania urządzenia na środowisko. Obejmuje ona np. zagadnienia odpowiedniego filtrowania sygnałów dostających się do obwodu poprzez wszelkiego rodzaju wiązki przewodów.
- *Inside world* – płaszczyzna ustalana w drugiej kolejności, gdy następuje podział bloków urządzenia na tak zwane szybkie - wysoko hałaśliwe oraz wrażliwe – wysokiej rozdzielczości.

Prawidłowo przeprowadzona segregacja zapewnia tak mechaniczne jak i elektryczne odseparowanie od siebie poszczególnych obszarów obwodu. Sytuację taką przedstawiono na rys. 1. Pomiedzy poszczególnymi wydzielonymi obszarami znajduje się wolna przestrzeń, która powinna być wypełniona masą (czyli najniższym potencjałem). Umożliwia ona nałożenie ekranów w postaci puszek Faradya na poszczególne pakiety komponentów.

Najczęstszym błędem popełnianym przez projektantów po przeprowadzeniu prawidłowej segregacji jest zaniedbanie utrzymania podziału w dalszych krokach projektowych. Najprościej jest zapobiegać temu zjawisku już na etapie schematu. W zależności od możliwości środowiska CAD, można podzielić urządzenie na bloki funkcjonalne lub symbolicznie wydzielać pakiety elementów za pomocą linii otaczających odpowiednie bloki elementów w obrębie schematu. Wtedy w końcowym etapie układania ścieżek w edytorze połączeń, liczba przejść pomiędzy wydzielonymi strefami musi odpowiadać tym ze schematu.

Montaż

Istotnym zagadnieniem o jakim należy wspomnieć jest wykonawstwo oraz montaż odpowiednio ukształtowanych arkuszy blachy do płaszczyzny obwodu drukowanego.

Najczęściej do wytworzenia klatek, ze względu na dobre właściwości ekranujące, stosuje się blachę stalową, mosiężną, berylową lub miedzianą. Właściwości te są skutkiem: po pierwsze, dobrej przewodności elektrycznej, co skutecznie tłumi energię fal oraz po drugie, zjawiskiem niedopasowania impedancji na granicy dwóch ośrodków tj. metalu i powietrza, przez co występuje zjawisko odbicia. Grubość stosowanych blach zamyka się w granicach do 2 mm, co zapewnia tłumienie na poziomie 100 dB.

Montaż ekranów często wykonuje się ręcznie, lutując je w odpowiednich miejscach do płaszczyzny masy obwodu drukowanego. Ostatnio pojawia się jednak tendencja do automatycznego montażu ekranów, gdzie odpowiednie arkusze są układane jak inne elementy SMT. Sytuacja taka jest jednak możliwa w przypadku ekranów o ograniczonej powierzchni, ponieważ pojemność cieplna większych arkuszy uniemożliwia prawidłowe ich przylutowanie w procesie automatycznym. Aby uniknąć tego problemu, możliwe jest również zastosowanie odpowiedniego kleju przewodzącego.

Inną metodą tak wykonania, jak i montażu ekranu, jest umieszczenie w obrębie obwodu drukowanego odpowiednio ukształtowanych farty-

Sterowniki w automatyce portal branżowy

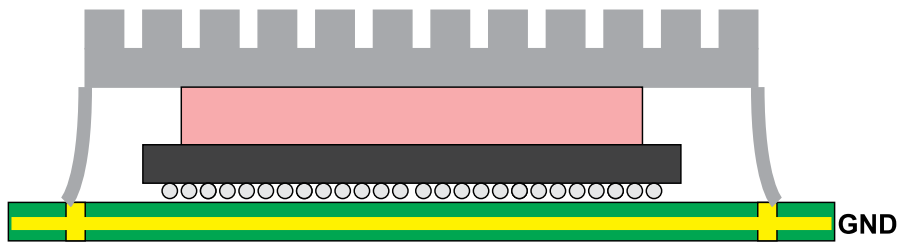


- ♦ Aktualności z branży ♦ Pliki
- ♦ Katalog firm ♦ Baza wiedzy
- ♦ Kalendarz imprez ♦ Forum
- ♦ Praca ♦ Kursy ♦ Giełda

chów, na które następnie nakładane są właściwie wyprofilowane arkusze zamykające ekran. Metoda taka jest bardziej kosztowna, jednak pozwala na zdecydowanie wygodniejsze serwisowanie produktu.

Wybierając technologię montażu konstruktor może jednocześnie rozwiązać problem odpowiedniego odprowadzenia energii cieplnej zgromadzonej wewnątrz ekranu. Warto w tym celu stosować metodę polegającą na nakładaniu na grzejące się elementy termoprzewodzącej gąbki, na którą później nałożony zostaje arkusz ekranu, pełniący jednocześnie rolę radiatora (rys. 2).

Najważniejszym czynnikiem jaki konstruktor musi wziąć pod uwagę, jest prawidłowe podłączenie ekranu do masy. Sytuacja wydaje się prosta w przypadku, gdy mamy do czynienia z ekranem umieszczonym tylko po jednej stronie obwodu. W takim przypadku możemy płaszczyznę masy znajdującą się w warstwie wewnętrznej wyprowadzić za pomocą standardowych przelotek zagrzebanych do warstwy zewnętrznej, po czym odpowiednio ukształtować w ścieżkę odpowiadającą kształtowi nakładanego ekranu. Tak ukształtowane połączenie musi mieć zdjętą solder maskę, w miejsce której należy umieścić maszkę pasty, bądź kleju (rys. 3), co umożliwi szczelny montaż arkusza i za-



Rys. 2.

pobiegając przedostawaniu się szkodliwego promieniowania.

Sytuacja nieco komplikuje się, gdy musimy ekrany umieścić po obu stronach płytki obwodu. W takiej konfiguracji nie powinno stosować się zwykłych przelotek (w zależności od maksymalnej częstotliwości jaką chcemy ekranować), lecz zastosować tak zwane mikroprzepusty. Należy to zrobić, ponieważ fale elektromagnetyczne mogłyby swobodnie przemieszczać się poprzez otwór przelotki na drugą stronę płytki, wprowadzając zakłócenia w pakiet elementów chroniony drugim ekranem.

Otwory

Bardzo często w praktyce pojawia się konieczność wykonania w ekranie otworów. Ich rola sprowadza się do dwóch funkcji. Po

pierwsze, mają za zadanie kompensować szkodliwe zjawiska powstające na skutek nagrzewania się blachy w trakcie montażu, bądź wzrostu temperatury komponentów (zwłaszcza wtedy, gdy ekran pełni też funkcję radiatora). Po drugie, są one przerwami w strukturze dla tak zwanej interakcji z użytkownikiem, czyli - innymi słowy, są otworami wykonanymi pod wyświetlacze, złącza, potencjometry, przyciski itp. Bez względu na przyczynę stosowania istnieją pewne uwarunkowania, które muszą być spełnione, aby zapewnić odpowiednią skuteczność ekranowania. W sytuacji, gdy w strukturze ma znajdować się pojedynczy otwór, aby nie zmniejszać tłumienia ekranu, należy go odpowiednio ukształtować w falowod (rys. 4).

Tak ukształtowany otwór, posiada swoją częstotliwość graniczną, poniżej której be-

R
E
K
L
A
M
A

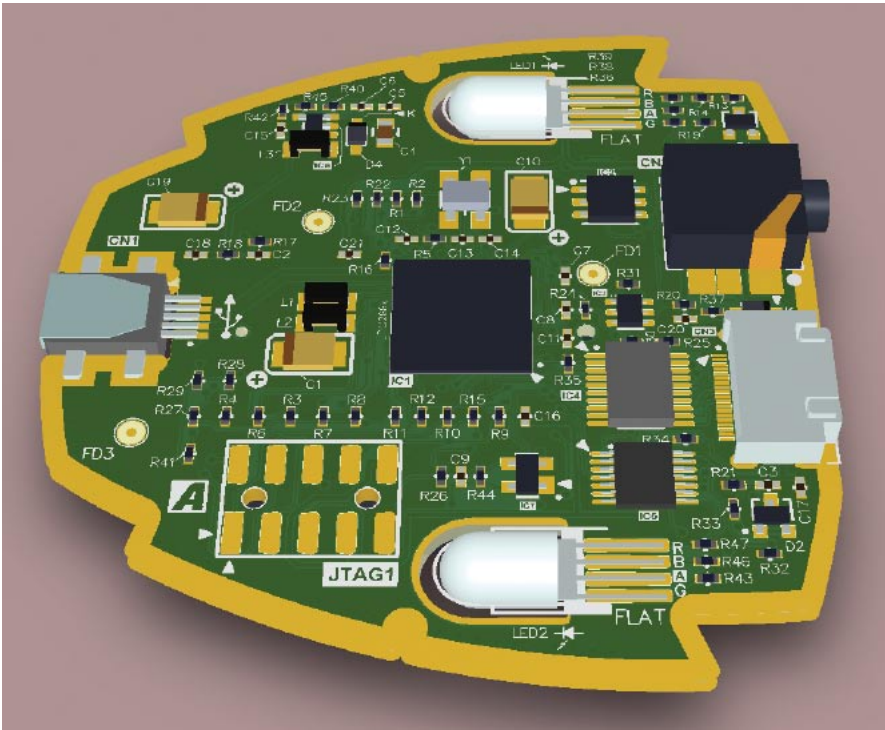
Zdalnie sterowany pojazd-zabawka

AVT
5165

- czterokanałowe zdalne sterowanie (gotowe moduły nadawczo-odbiorcze)
- dwa silniki napędowe (serwomechanizmy, nie wchodzi w skład zestawu)
- skręt odbywa się dzięki różnicy prędkości obrotowych
- komendy: jazda do przodu, jazda do tyłu, skręt w lewo, skręt w prawo, zawracanie, hamowanie
- diody LED oświetlające drogę

www.sklep.avt.pl

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

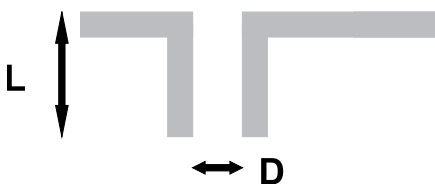


Rys. 3.

dzie zachowywał się jak tłumik. Częstotliwość ta w przypadku falowodu o przekroju kołowym, zależy od średnicy D , i możemy ją wyznaczyć ze wzoru:

$$f = (1,75 \times 10^{10}) / D$$

Z praktycznego punktu widzenia ważna jest średnica otworów, a nie ich liczba. Z tego

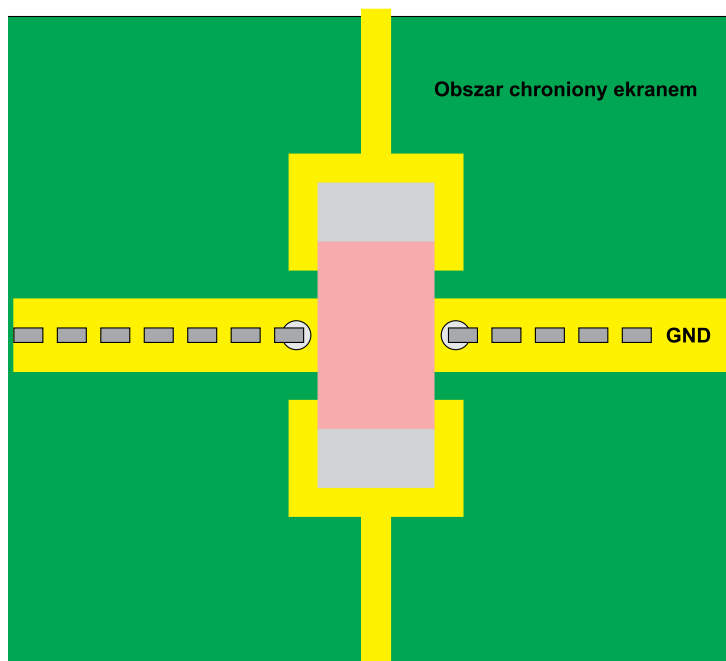


Rys. 4.

względnie lepiej stosować (o ile to możliwe) wiele otworów o małej średnicy rozłożonych na pewnej powierzchni, niż jeden o dużych gabarytach.

Filtrowanie

Jak już wcześniej wspomniałem, dla osiągnięcia wysokiej skuteczności ekranowania konieczne jest zastosowanie odpowiednich metod filtrowania. Filtrowanie jest konieczne, aby do pakietu chronionej powierzchni obwodu nie dostały się zakłócenia propagowane przez połączenia kablowe ze środowiska zewnętrznego. Najczęściej filtracja sprowadza się do prawidłowego rozmieszczenia



Rys. 5.

elementów i/lub układów filtrujących. Ważne jest odpowiednie izolowanie arkusza ekranu w miejscu, gdzie znajdują się takie elementy. Sytuację taką dla filtra w postaci rezystora, bądź dławika włączanego w szereg przedstawia (rys. 5).

Aby uzyskać najlepsze efekty ważne jest, aby ekran w miejscu ułożenia układu filtra był podłączony do płaszczyzny odniesienia (GND). W przeciwnym wypadku skuteczność tłumienia ulegnie zmniejszeniu. Płaszczyzna taka powinna być maksymalnie jednorodna, najlepiej wypełniająca jedną warstwę elektryczną zadeklarowaną w stosie warstw projektu.

W przypadkach, gdy z przyczyn ekonomicznych możemy do budowy urządzenia wykorzystać jedynie obwód dwuwarstwowy, zalecane jest, aby komponenty umieszczać wyłącznie z jednej strony płytki, natomiast stronę drugą poświęcić na uzyskanie jak najbardziej jednorodnej płaszczyzny masy. Jeżeli taka sytuacja jest niemożliwa, czyli komponenty i połączenia muszą być rozmieszczone z obu stron druku, to należy maksymalnie wypełnić powierzchnią masy niewralgiczne rejonu. Tylko taka metoda rozprowadzenia masy zapewni wysoką skuteczność filtrowania.

W ekstremalnych przypadkach, gdy tradycyjne metody filtracji nie zdają egzaminu, należy sięgnąć po galwaniczną separację w postaci optoizolatorów bądź transformatorów.

Przyszłość

Mimo iż opisane w artykule techniki ekranowania są stosowane z powodzeniem, to trwają badania nad ich udoskonaleniem. Najbardziej dostrzegalną wadą współczesnych rozwiązań jest powstawanie odbić zarówno składowej elektrycznej jak i magnetycznej fali. Trwają intensywne prace nad materiałami z grupy tworzyw sztucznych mogącymi pochłaniać energię fal, poprzez rozproszenie jej w postaci ciepła. Materiały takie już są stosowane w tak zwanych komorach bezechowych, służących do badań EMC.

inż. Tomasz Świontek
tomekfx@o2.pl

