

e = mc²?

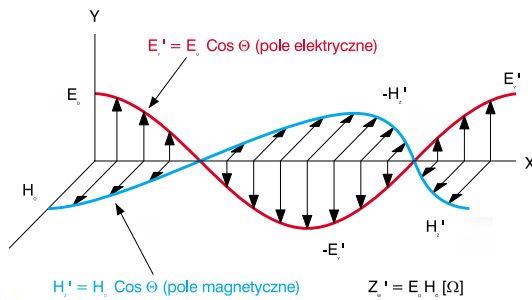
Czyli co nieco o kompatybilności elektromagnetycznej, część 2

Kompatybilność elektromagnetyczna urządzenia

Drugą część cyklu poświęcamy omówieniu drogi powstawania projektu i konsekwencjom błędów, często bardzo drobnych, które powodują, że ekranowanie źle zaprojektowanych urządzeń lub ich fragmentów jest bardzo często niezbędne.

Fala elektromagnetyczna składa się - jak sama nazwa wskazuje - z dwóch składowych: fali pola magnetycznego (H) oraz elektrycznego (E). Ich wzajemną orientację i rozchodzenie się fali elektromagnetycznej przedstawiono na rys. 2. Wprowadzenie na drodze fali elektromagnetycznej zapory spowoduje zmniejszenie jej natężenia, podobnie jak to bywa ze światłem, które jest także falą elektromagnetyczną.

W zależności od właściwości materiału, z którego wykonana jest zapora, skuteczność tłumienia fali jest różna. Pierwsze badania nad pochłanianiem fal elektromagnetycznych prowadził J.C. Maxwell, który w wyniku prowadzonych doświadczeń i z analizy teoretycznej dowiódł, że najlepszymi materiałami ekranującymi są przewodniki. Schemat ilustrujący sposób tłumienia fali elektromagnetycznej przez warstwę materiału przewodzącego pokazuje rys. 3.



Rys. 2.

Jak łatwo zauważyć, tłumienie promieniowania elektromagnetycznego jest zjawiskiem dość skomplikowanym, głównie z powodu złożonej natury odbić składowych fal w materiale ekranującym, co z matematycznego punktu widzenia sprowadza się do rozwiązania rozbudowanego układu równań różniczkowych. Schemat z rys. 3 jest uproszczonym modelem, który posłużył do przeprowadzenia dokładnej analizy matematycznej zachodzących zjawisk, w wyniku której powstał szereg zupełnie nowych pojęć: impedancji falowej, impedancji właściwej oraz naskórkowego przepływu prądu.

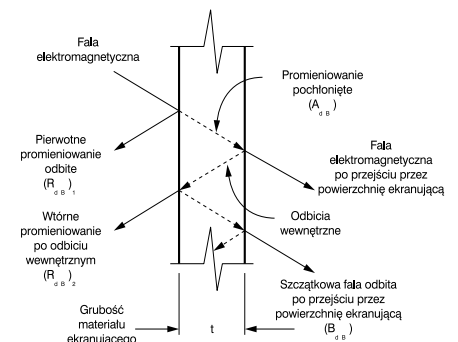
Ponieważ promieniowanie EM dociera do urządzenia bardzo wieloma drogami (od strony linii zasilających, poprzez ścieżki obwodu drukowanego) i jest także przez

Podstawa - poprawne założenia

nie wytwarzane (np. w cewkach zbudowanych ze ścieżek obwodu drukowanego, w wyniku dużej strumienia zbczy sygnałów cyfrowych), dla zminimalizowania jego natężenia bardzo istotne są wszystkie etapy tworzenia konstrukcji.

PCB

Kolejnym bardzo ważnym etapem projektowania jest projekt i wykonanie płytki drukowanej, przy czym szczególną uwagę należy zwrócić na emisję promieniowania przez elementy zamontowane na niej, wrażliwość urządzenia na zewnętrzne promieniowanie, potencjalne zakłócenia w pracy systemu, będące wynikiem sprzężeń EM pomiędzy płytkami pracującymi w jednym urządzeniu lub sprzężeń pomiędzy elementami znajdującymi się na jednej płytce drukowanej. Złożoność problemów kończących do rozwiązania różnie wraz ze wzrostem częstotliwości sygnałów występujących w urządzeniu, zwłaszcza jeżeli są to sygnały cyfrowe. Typowo zalecane jest sto-



Rys. 3.

sowanie płytek wielowarstwowych z wbudowanymi ekranami z linii zasilających już dla częstotliwości taktowania powyżej 10MHz.

Przewody i kable

Trzecim, w kolejności ważności, istotnym etapem projektowania jest poprawne dobranie i wykonanie okablowania pomiędzy modułami urządzenia. Generalnie zalecane jest unikanie połączeń tego typu, a w razie konieczności zastosowania należy skrócić do niezbędnego minimum ich długość. W szczególnych przypadkach, gdzie duże znaczenie przykładają się do zminimalizowania zakłóceń, niezbędne są przewody w oplocie ekranującym. Wbrew powszechnie obowiązującym opiniom standardowy współosiowy kabel ekranowany nie zapewnia istotnego obniżenia poziomu zakłóceń EM przedostających się do otoczenia. Wynika to z faktu, że w większości aplikacji ekran takiego kabla jest jednocześnie powrotną linią sygnałową, która emituje promieniowanie zakłócające na równi ze zwykłym przewodem. Problem ten jest szczególnie istotny przy niezbyt precy-

zyjnym wzajemnym dopasowaniu impedancji falowej nadajnika, odbiornika i kabla. Jak pokazuje praktyka, taką sytuację należy uznać za typową. W najbardziej wymagających aplikacjach rozwiązaniem problemu jest zastosowanie kabla w podwójnym oplocie, przy czym ekran zewnętrzny należy dołączyć do potencjału bezwzględnie „zera“ układu.

Ekranowanie

Ten etap projektowania zgodnego z zaleceniami kompatybilności elektromagnetycznej jest nieco mniej istotny, niż dotychczas omówione (patrz rys. 4), lecz jest bardzo często niezbędnym uzupełnieniem konstrukcji. Pozwala ponadto zminimalizować wpływ błędów powstałych na wcześniejszych etapach tworzenia projektu na działanie urządzenia.

Ekranowaniu poświęcimy trzeci, ostatni odcinek cyklu. Zapraszam za miesiąc do EP!

Andrzej Gawryluk, AVT



Rys. 4.

Na zdjęciach ilustrujących artykuł przedstawiono elementy ekranujące EMI firmy Tecknit.

W artykule wykorzystano materiały firmy Tecknit, udostępnione przez jej oficjalnego dystrybutora: Iwanjeko Electronics (tel. (0-22) 831-43-74).