

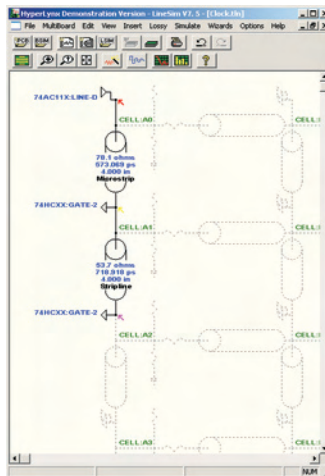
HyperLynx

Jak zapobiec dudnieniu 9. harmonicznej? – część 1

Od chwili wejścia do Unii Europejskiej wszystkie nasze wyroby wprowadzane do sprzedaży muszą posiadać znak CE. Co to oznacza dla konstruktorów urządzeń elektronicznych? Zapewne przekonał się już o tym nie jeden z nich. Te dwie niepozorne literki mogą być przyczyną głębokiej frustracji konstruktora, której dozna, gdy okaże się, że wspiane urządzenie nie spełnia norm w laboratorium.

Można przypuszczać, że w dzisiejszych czasach – w dobie programów CAD/CAM/EDA, układów programowalnych, mikroprocesorów, mikrokontrolerów, szerokiej gamy specjalizowanych układów scalonych dostępnych na wyciągnięcie ręki, not aplikacyjnych i katalogów, po które wystarczy kliknąć myszką, czy wreszcie naszej stale rosnącej kultury i wiedzy technicznej – zaprojektowanie nawet dość skomplikowanego urządzenia elektronicznego nie powinno stanowić dużego problemu. Jest to po części prawda, tyle, że czym innym jest zrobienie urządzenia po amatorsku, na własne potrzeby – nawet jeśli posiada ono znamiona urządzenia profesjonalnego, a czym innym jest przygotowanie danej aplikacji do produkcji, a następnie do masowej sprzedaży. W tym drugim

IBIS (*The Input/Output Buffer Information Specification*) – specyfikacja stosowana do tworzenia modeli układów elektronicznych wykorzystywanych w programach symulujących działanie obwodów drukowanych. Jest to standard przemysłowy zapewniający producentom ochronę ich praw własności i niektórych tajemnic technologicznych przy jednoczesnym upublicznieniu parametrów potrzebnych do opracowywania modeli.



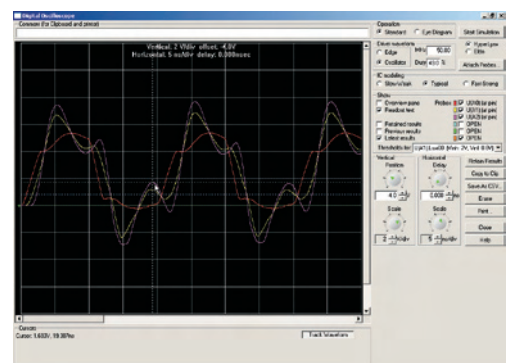
Rys. 1. Przykładowy schemat układu elektrycznego składającego się z trzech bramek, który został wprowadzony w edytorze programu HyperLynx

przypadku trzeba zadbać o wykonanie wszystkich wymaganych przepisami badań, uzyskanie atestów, homologacji, itp. I tu pojawiają się problemy, z pozoru błahe, ale często nawet nie wiadomo, jak się zabrać do ich zlikwidowania. No bo coż mamy zrobić, gdy przez pół roku projektowaliśmy skomplikowany układ mikroprocesorowy, zdobyliśmy układy, które jeszcze do niedawna objęte były COCOM-em, zaprojektowaliśmy 4-warstwowy obwód drukowany, ...tymczasem raport z badań naszego urządzenia stwierdza, że 9 harmoniczna oscylatora systemowego dudni o 3 dB za mocno i na tej podstawie laboratorium nie może wydać stosownej homologacji. Usiąść i płakać. Nawet nie wiadomo co z tym zrobić?

Nie leczyć skutki – zapobiegać przyczynom

Tak, zgodnie ze starą lekarską zasadą trzeba myśleć już o przyczynach i im zapobiegać. Naprawa skutków może być bardzo trudna, często wręcz niemożliwa bez wprowadzenia gruntownych zmian konstrukcyjnych. No do-

brze, ale jak w fazie projektu przewidzieć, że wspomniana wcześniej 9. harmoniczna (wzięta oczywiście tylko jako przykład) w końcowym urządzeniu będzie zbyt mocno dawała o sobie znać? Wiadomo, że będzie do tego potrzebne odpowiednie narzędzie w postaci specjalizowanego programu. Dobrym rozwiązaniem może być program „HyperLynx” amerykańskiej firmy Mentor Graphics specjalizującej się w tworzeniu narzędzi EDA (*Electronic Design Automation*). HyperLynx to program, który pozwoli przeanalizować wykonywany przez nas projekt urządzenia elektronicznego pod kątem integralności sygnałów, przesłuchów, zakłóceń EMC. Najwyższy poziom symulacji (GHz-level) uwzględnia straty w liniach transmisyjnych, diagramy oczkowe, pozwala też modelować przelotki obwodu drukowanego oraz badać płytki w zakresie mikrofalowym. Wykorzystując HyperLynx możliwe będzie badanie oddziaływania na otoczenie szybkich sygnałów cyfrowych występujących w danej aplikacji, a także określenie odporności na zakłócenia zewnętrzne. W podstawowej wersji – HyperLynx EXT – można badać systemy do 250 MHz, dla bardziej zaawansowanych analiz trzeba sięgnąć po HyperLynx GHz. Opcja ta pozwala nawet badać wpływ zjawiska naskórkowości, wpływ parametrów dielektrycznych materiałów zastosowanych do budowy urządzenia, a nawet



Rys. 2. Oscylogram uzyskany na wirtualnym oscyloskopie programu HyperLynx



Electronics

wg.com.pl

AUTORYZOWANY DYSTRYBUTOR



www.maxim-ic.com



www.maxim-ic.com



www.silabs.com



www.latticesemi.com



www.cyantechology.com



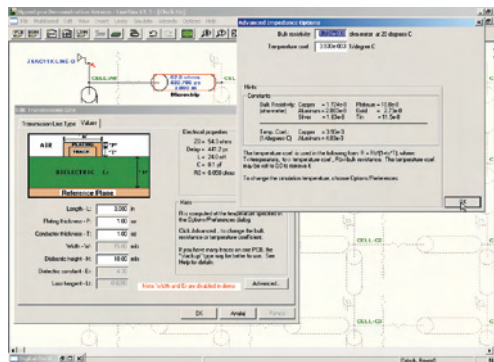
www.powerint.com



www.elan-europe.com



www.kentdisplays.com



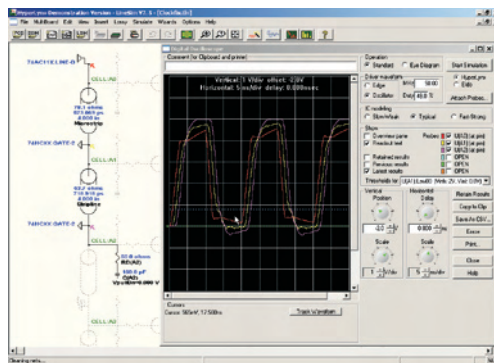
Rys. 3. Okno ustalania parametrów połączeń między poszczególnymi punktami symulowanego układu

szacować wpływ rozmieszczenia przepustów (vias) na płytce. Najważniejszą cechą programu jest możliwość analizy projektowanej aplikacji już na etapie tworzenia schematu ideowego. Ale to dopiero początek. Można się spodziewać, że nie od razu będziemy znajdować właściwe rozwiązania problemu. Typowe korzystanie z pakietu HyperLynx będzie więc polegać na cyklicznym uruchamianiu dostępnych modułów, a są to: LineSim – pozwalający oszacować wpływ rozprowadzania szybkich sygnałów w projektowanej płytce; moduł BoardSim – pozwoli przeanalizować zachowanie PCB po rozmieszczeniu elementów na płytce i rozprowadzeniu sygnałów. Na koniec wykorzystując opcję MultiBoard modułu BoardSim można ocenić zachowanie całego urządzenia składającego się z wielu obwodów drukowanych, np. płyty głównej i wkładanych do niej modułów, pakietów, itp. Na podstawie wyników analiz uzyskiwanych na poszczególnych etapach badania projektu można wprowadzać odpowiednie korekty czy to do schematu elektrycznego, czy do projektu obwodu drukowanego. Symulacja może

być prowadzona w sposób interaktywny z wirtualnym oscyloskopem i analizatorem widma. Dzięki tym badaniom można skutecznie eliminować np. opóźnienia sygnałów (generujące w efekcie zakłócenia), jakie występują w aplikacjach z dużą liczbą węzłów sieci elektrycznej. Pakiet HyperLynx pomagając w optymalizacji parametrów elektrycznych PCB (jakość sygnałów, przesłuchy, taktowanie układów cyfrowych, emisja zakłóceń, itp.) pozwoli ograniczyć liczbę wersji PCB, a tym samym szybciej dojść do docelowej postaci obwodu drukowanego i skrócić cykl tworzenia projektu.

Od słowa do czynu – analiza pre-layout

Tyle gadania, zabieramy się do działań praktycznych. Zaczniemy oczywiście od próby przeanalizowania układu, dla którego jeszcze nie została zaprojektowana płytka obwodu drukowanego. Być może uzyskane wyniki będą pomocne w dalszych pracach. Na początku skorzystamy z modułu LineSim, który pozwoli nam zoptymalizować rozprowadzenie ścieżek z sygnałami cyfrowymi w przykładowej aplikacji. Do rozpoczęcia analizy będzie nam potrzebny schemat ideowy urządzenia. Do dyspozycji mamy dwa edytory. Pierwszy z nich – cell-based wykorzystuje technikę point-and-click, nadaje się świetnie do szybkiego wprowadzenia schematu o niewielkiej liczbie elementów. Drugi edytor – free-form, ma nieco więcej możliwości edycyjnych, mimo tego jest równie prosty do nauczenia i obsługi. Nadaje się lepiej do wprowadzania schematów z większą liczbą elementów, pozwala uwzględnić elementy wykorzystujące zewnętrzne modele typu Spice. W wyniku analizy spójności sygnałów i przesłuchów międzysygnałowych będziemy mogli obserwować kształt sygnałów w poszczególnych punktach układu w postaci zbliżonej do obrazu uzyskanego za pomocą oscyloskopu. Symulacja zakłóceń EMC da nam obraz widma sygnału, jaki w urządzeniu rzeczywistym uzyskalibyśmy za pomocą analizatora widma. W wyniku analizy, którą za chwilę przeprowadzimy będziemy mogli dowiedzieć się, jak zastosowany rodzaj połączenia wpływa na przenosze-



Rys. 4. Ilustracja wpływu terminatora na jakość szybkiego sygnału cyfrowego przesyłanego ścieżkami obwodu drukowanego

ASTAT

ELEMENTY AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ

ELEMENTY AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ:

- przekaźniki elektromagnetyczne Finder
- złączki do szaf sterowniczych, szyny DIN
- systemy do oznaczania kabli i przewodów
- produkty do kontroli temperatury w szafach z aparaturą elektryczną
- enkodery, liczniki elektromechaniczne i elektroniczne
- łączniki krzywkowe, lampki, przyciski...
- przepusty kablowe
- obudowy, dławnice
- lampy i czujniki ruchu



ELEMENTY NISKIEGO I ŚREDNIEGO NAPIĘCIA:

- przekładniki prądowe i napięciowe
- przekładniki średniego napięcia
- mierniki analogowe i cyfrowe, multimetry
- liczniki energii
- analizatory parametrów sieci



ELEMENTY KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ:

- komory pomiarowe i kabiny ekranowane
- instrumenty i akcesoria EMC (emisja, odporność)
- elementy filtrujące: filtry i dławniki (wejściowe, wyjściowe, rdzenie ferrytowe)
- elementy ekranujące EMI: uszczelnienia, okna, przepusty, farby, taśmy, kleje

APARATURA POMIAROWA:

- sprawdzanie izolacji wyrobów pomiarowych

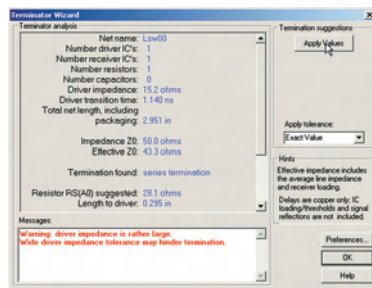
TAŚMY I MATERIAŁY SAMOPRZYLEPNE:

- jednostronnie klejące
- dwustronnie klejące
- taśmy na bębnach przemysłowych
- elektroizolacyjne
- wykroje samoprzylepne
- etykiety przemysłowe



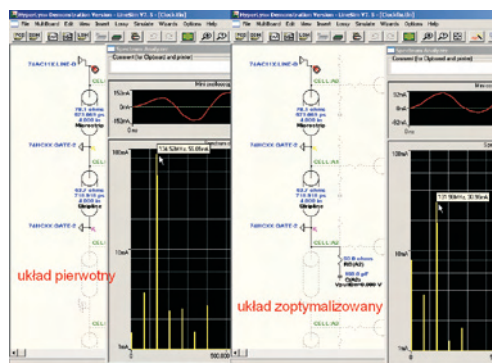
ASTAT sp. z o.o.
 ul. Dąbrowskiego 441,
 60-451 Poznań
 tel. 061 848 88 71,
 faks 061 848 82 76,
 info@astat.com.pl,
 www.astat.com.pl

85 000 produktów dla elektroniki i elektrotechniki
Distrelec

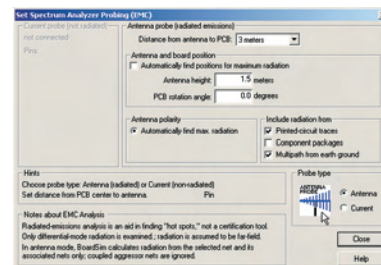


Rys. 5. Okno „Terminator Wizard”, w którym szybko i skutecznie dobiera się elementy i konfigurację optymalnego terminatora dla założonych danych wejściowych

nie szybkiego sygnału cyfrowego pomiędzy poszczególnymi elementami. W przykładowym schemacie zastosujemy bramkę 74AC11x, którą potraktujemy jako nadajnik fali prostokątnej o częstotliwości 50 MHz. Odbiornikami będą dwie bramki 74HCxx. Pierwsza z nich będzie dołączona do nadajnika linią typu *microstrip*, druga natomiast będzie dołączona dalej dodatkowo linią typu *stripline*. Wprowadzony w edytorze Schemat przedstawiono na rys. 1. Dla wygody punkty przyłączenia sond pomiarowych do poszczególnych bramek zostały zaznaczone w edytorze kolorowymi strzałkami. Kolory przebiegów mierzonych tymi sondami uwidocznione na oscylogramach (rys. 2) będą identyczne. Jak widać na oscylogramie z rys. 2, przy założonych parametrach połączeń oraz częstotliwości przesyłanych sygnałów w poszczególnych węzłach naszej sieci elektrycznej wystąpią liczne zafalowania przebiegu. W konkretnym przypadku dobrze widać, że w punkcie wskazanym przez strzałkę, przebiegi (żółty i fioletowy) dochodzące do wejść obu bramek przekroczą dozwolony poziom niski, jaki powinien występować w tym punkcie. Może więc dojść do fałszywej interpretacji stanu przez



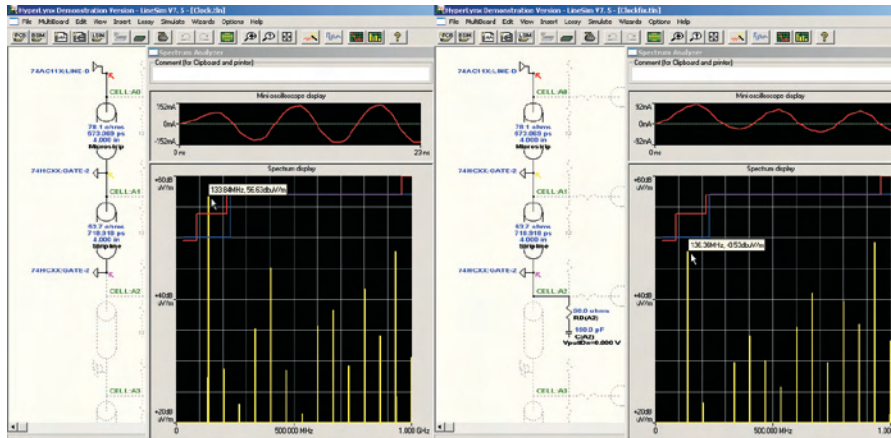
Rys. 6. Widmo sygnału w symulowanym układzie przed i po optymalizacji



Rys. 7. Okno konfiguracji wirtualnego stołu pomiarowego do badania emisji zakłóceń

obie bramki. Dla wygody w naszym wirtualnym oscyloskopie można włączyć podgląd dopuszczalnych napięć dla poziomu niskiego i wysokiego. Na rys. 2 są to niebieskie linie przerywane. Jeśli taki typ połączeń zastosowalibyśmy w projektowanej płytce, to prawdopodobnie po zmontowaniu układu nie działałoby on prawidłowo. Parametry każdego połączenia mogą być dokładnie określone po wskazaniu dowolnie wybranego przez kliknięcie na nim (rys. 3.). Mamy tu do wyboru naprawdę szeroki wybór możliwości. W pierwszym kroku należy ustalić typ linii transmisyjnej (np. ścieżki miedziane na powierzchniach płytki, ścieżki zagrzebane (wewnętrzne połączenia druku wielowarstwowego), połączenia wykonane przewodami (w bibliotece znajdują się parametry kilku najczęściej stosowanych typów kabli), połączenia ze złączami, powierzchnie połączeniowe (np. powierzchnia masy lub linii zasilających). Po wybraniu typu połączenia ustala się np. długość, szerokość i grubość ścieżki, przenikalność dielektryczną laminatu, rezystywność miedzi i wiele innych parametrów.

No tak, przeanalizować schemat potrafi każdy, szczególnie wtedy, gdy dysponuje narzędziem takim jak HyperLynx. Już wiadomo, że przebiegi cyfrowe w przykładowym układzie dalekie są od ideału. Mało tego, konstruktor nie ma prawa dopuścić do fizycznego wykonania tak zaprojektowanego urządzenia, bo to będzie oznaczało początek niekończących się kłopotów z jego uruchomieniem. Jak więc zaradzić widocznym na oscylogramach zafalowaniom sygnałów. Najprostszą metodą jest zastosowanie terminatorów na końcach linii. Na rys. 4 przedstawiono analizę tego samego przykładu, w którym w stosunku do wersji pierwotnej zastosowano taki właśnie terminator



Rys. 8. Widmo emitowanych zakłóceń

(rezystor 50 Ω i kondensator 150 pF). Z oscylogramu widać, że w zakresie napięć odpowiadających niskiemu poziomowi logicznemu nie występują już zafalowania, które mogłyby powodować przekłamania. Sceptycy jednak dalej mogą powątpiewać w sens takich działań, twierdząc że zabawa w dobieranie wartości elementów terminatora też może zająć sporo czasu. Równie sprawnie można lutować kolejne rezystorki do płytki i sprawdzać wynik na oscyloskopie. Niby można, ale zapewne za 23 razem ścieżka w końcu nie wytrzyma i oderwie się od płytki. Poza tym taka metoda też nie daje 100-procentowej gwarancji osiągnięcia optymalnego wyniku, gdyż wielokrotne lutowanie elementów może zmienić parametry elektryczne całego obwodu, więc choć w prototypie uda nam się uzyskać jako taki wynik, to nie wiadomo, czy będzie on słuszny dla serii produkcyjnej. Aby zautomatyzować prace przy doborze elementów terminatora w programie HyperLynx przewidziano do pomocy specjalnego „czarodzieja”. Terminator Wizard pozwoli szybko i skutecznie dobrać elementy i konfigurację optymalnego terminatora dla założonych danych wejściowych (rys. 5). Po wykonaniu obliczeń wystarczy kliknąć na klawisz *Apply Values*, aby optymalne wartości elementów przenieść do schematu. Teraz można powtórnie

zastosować analizę z użyciem wirtualnego oscyloskopu HyperLynx’a, aby oszacować skuteczność działań.

Analiza EMC

Powoli dochodzimy do tytułowej 9. harmonicznej. Za chwilę będziemy się mogli przekonać o tym, czy rzeczywiście w rozpatrywanym układzie będzie ona stanowiła przeszkodę w uzyskaniu upragnionego znaczka CE. Badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC – *Electro-Magnetic Compatibility*) stanowią jeden z elementów decydujących o zakwalifikowaniu danego urządzenia do grupy urządzeń spełniających wymogi CE. Dodajmy, że bardzo łatwo jest ich nie spełnić, a przy tym co gorsze, bardzo trudno poprawić wykonane już fizycznie urządzenie. Tym większego znaczenia nabiera możliwość przetestowania projektowanej aplikacji jeszcze na etapie „papierowym”. Będą do tego wykorzystywane analityczne narzędzia *back-end* programu HyperLynx, a po zmontowaniu układu, przed oddaniem do laboratorium warto również skorzystać z narzędzi *front-end*.

Do przedstawienia działania wirtualnego analizatora widma programu HyperLynx jeszcze raz skorzystamy z przykładowego układu z rys. 1, w którym jedna bramka steruje dwoma innymi poprzez niezaterminowane połączenie (ścieżkę miedzianą).

Będziemy symulować przesyłanie fali prostokątnej o częstotliwości 133 MHz i współczynnika wypełnienia bliskim 0,5. Mamy do wyboru dwie możliwości analizy.

Pierwszą z nich będzie badanie wykonane za pomocą sondy prądowej, którą umieścimy w interesującym nas punkcie układu. „Zmierzymy” w ten sposób prąd płynący we wskazanej ścieżce i określimy jego charakterystykę widmową. Uzyskane informacje będą miały istotne znaczenie dla oszacowania generowanych zakłóceń EMC. Na rys. 6 widzimy obraz widma prądu wypływającego z pierwszej bramki, jaki uzyskaliśmy z naszego wirtualnego analizatora. Na rysunku przedstawiono jednocześnie wyniki dla układu pierwotnego i zoptymalizowanego (w którym zastosowano terminator). Z powyższego przykładu wynika, że dodanie terminatora poprawiło zarówno kształt sygnału (zapobiegliśmy w ten sposób możliwości powstawania przekłamań), jak również ograniczyliśmy emisję zakłóceń EMC, które są generowane przez prądy płynące w ścieżkach.

Teraz zastosujemy metodę badania układu chyba trochę bardziej zbliżoną do tej, jaką się wykorzystuje w laboratorium. Głównym elementem pomiarowym będzie specjalna antena (oczywiście wirtualna) umieszczona w określonym położeniu w stosunku do badanego układu. Przy jej pomocy zostanie zmierzone natężenie pola elektromagnetycznego, tym samym będziemy mogli oszacować, czy nie zostały przekroczone normy emisji zakłóceń. Okno konfiguracji stołu pomiarowego przedstawiono na rys. 7, na rys. 8 możemy zobaczyć wyniki pomiarów. Po lewej stronie mamy układ pierwotny, którego charakterystyka widmowa niestety wykracza poza normy FCC i CISPR, wynik układu zoptymalizowanego (po prawej stronie) jest natomiast zupełnie poprawny.

Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl



Młodego, absolwenta z minimum 2 letnim doświadczeniem w branży. Zatrudnię
 Czytając takie ogłoszenia studenci lub absolwenci szukający pracy załamują ręce. Czy można bowiem być absolwentem świeżo po studiach i z 2 letnim doświadczeniem w branży? Można jeśli już podczas studiów zdobędziesz umiejętności pozwalające w praktyce wykorzystać Twoją wiedzę. Jak zdobyć niezbędne doświadczenie i praktyczne umiejętności? Jak wykorzystasz szansę na znalezienie ciekawej pracy? Zapraszamy na: www.portalpraktyk.pl