

Miniporadnik – wypróbuj Rigid-Flex

Płytki PCB w technologii sztywno-giętkiej (Rigid-Flex) integrują obwody elastyczne na podłożu poliamidowym z obwodami sztywnymi (np. na laminacie FR4) w ramach jednego modułu. Rozwiązanie to charakteryzuje się elastycznością, niewielkim ciężarem, a dzięki wyeliminowaniu złącz – zwiększoną odpornością na drgania. Technologia ta znajduje zastosowanie w produkcji urządzeń o wysokim stopniu upakowania, w sprzęcie medycznym, w mechatronice, a także w przemyśle obronnym (drony) i w produkcji modeli latających. Tak naprawdę zakres zastosowań zależy od kreatywności projektanta.

Ekspert z firmy Evatronix SA, oficjalnego przedstawiciela Altium w Polsce od 1995 roku, przedstawia, jak wygodnie można zaprojektować obwód w tej technologii za pomocą oprogramowania Altium Designer 14. Przykładowy projekt zawiera minimalny zestaw warstw pozwalający na wykonanie płytki z połączeniami elastycznymi eliminującymi dodatkowe okablowanie. Zestaw warstw i sposób udokumentowania projektu został zaakceptowany przez producenta obwodów drukowanych.

Zaczynamy

Rozpoczynając projektowanie w technologii Rigid-Flex, należy określić, z jakich warstw będą składać się jej poszczególne regiony. W tym celu otwieramy okno *Layer Stack Manager* z poziomu menu *Design* lub korzystamy ze skrótu klawiszowego [D][K] edytora PCB. Ponieważ chcemy, aby nasza płytka była dobrze udokumentowana i zawierała informację o niezbędnych warstwach technologicznych, z których będą składać się poszczególne jej obszary – wybieramy stos klienta *Custom*.

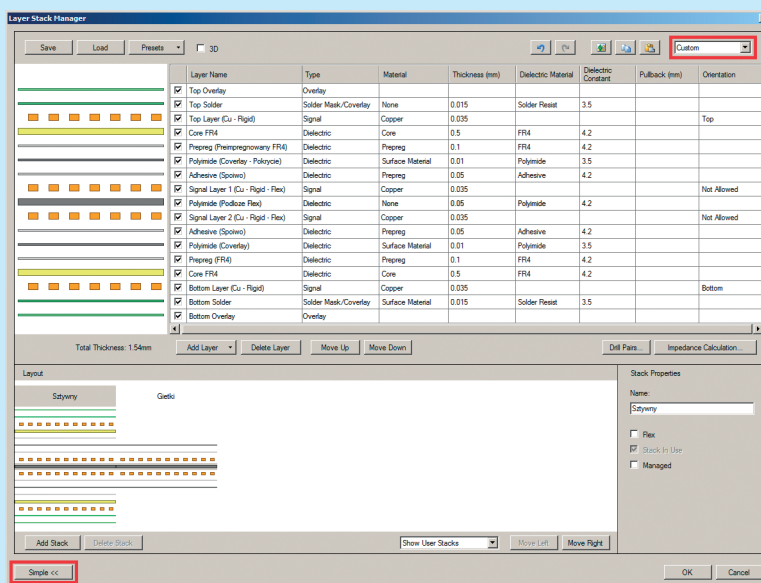
Gdy naciśniemy prawy przycisk myszy w obszarze tabeli z warstwami stosu, wyświetlone zostanie menu, za pomocą którego dodajemy warstwy obwodu PCB, takie jak: warstwy elektryczne, warstwy dielektryka i warstwy powłok ochronnych. Dodatkowo w trakcie projektowania stosu warstw możliwe jest przemieszczanie ich w górę i w dół stosu oraz usuwanie wybranej warstwy. Istnieje możliwość nazwania warstw (*Layer Name*) oraz określenia materiału (*Material*), z którego dana warstwa ma być wykonana. Należy podać grubość każdej warstwy (*Thickness*) oraz opisać rodzaj dielektryka przez podanie jego stałej dielektrycznej.

Przykładowa płytka będzie składać się z dwóch warstw zewnętrznych miedzi – *Top Layer* i *Bottom Layer* – oraz dwóch warstw wewnętrznych *Signal Layer 1* i *Signal Layer 2*, które w regionach sztywnych będą stanowiły dodatkowe warstwy sygnałowe, natomiast w regionach giętkich będą tworzyły dwustronną taśmę połączeniową między regionami PCB. Połączenie elastyczne będzie wykonane na podłożu z poliamidu pokrytego dwustronnie miedzią, do której przyklejone zostaną warstwy ochronne (*Coverlay*). Część elastyczna płytki będzie połączona z częścią sztywną dodatkowymi warstwami preimpregnowanego laminatu FR4 (*Prepreg*). Użyte warstwy, ich kolejność, grubość oraz stała dielektryczna są widoczne w oknie menedżera stosu warstw (**rysunek 1**).

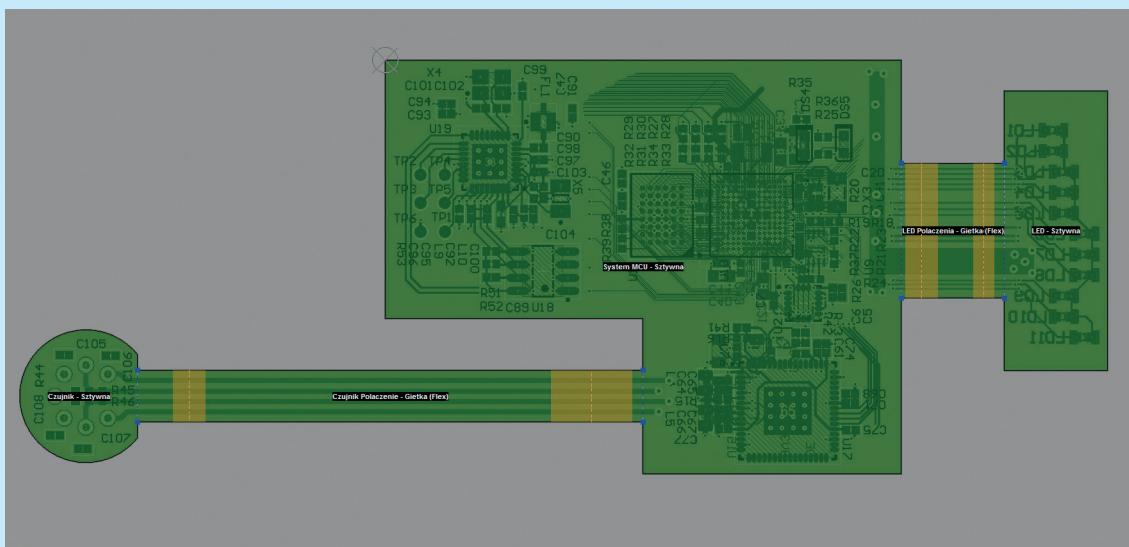
Po określeniu głównego stosu warstw projektowanego obwodu PCB dodajemy drugi zestaw warstw, który stanowi opis technologiczny regionu giętkiej płytki. Naciskając przycisk *Advanced*, menedżer zostanie przełączony w tryb stosu rozbudowanego. Przycisk *Add Stack* służy do dodawania kolejnych zestawów warstw obwodu drukowanego. Po jego naciśnięciu wybrany wcześniej stos warstw zostanie skopiowany jako nowy. Na podstawie stosu dla regionu sztywnego (*Rigid*) określone zostaną warstwy obwodu dla połączenia elastycznego (*Flex*).

Po określeniu głównego stosu warstw projektowanego obwodu PCB dodajemy drugi zestaw warstw, który stanowi opis technologiczny regionu giętkiej płytki.

Naciskając przycisk *Advanced*, menedżer zostanie przełączony w tryb stosu rozbudowanego. Przycisk *Add Stack* służy do dodawania kolejnych zestawów warstw obwodu drukowanego. Po jego naciśnięciu wybrany wcześniej stos warstw zostanie skopiowany jako nowy. Na podstawie stosu dla regionu sztywnego (*Rigid*) określone zostaną warstwy obwodu dla połączenia elastycznego (*Flex*).



Rysunek 1. Stos warstw projektowanego obwodu Rigid-Flex



Rysunek 2. Obrys płytki zawierającej obszary sztywne i giętkie w trybie planowania

Pierwszy ze stosów został nazwany *Sztywny* i reprezentuje część sztywną obwodu, nazwę drugiego zmieniono na *Gietki*, zaznaczając dodatkowo we właściwościach stosu (*Stack Properties*) opcję *Flex*.

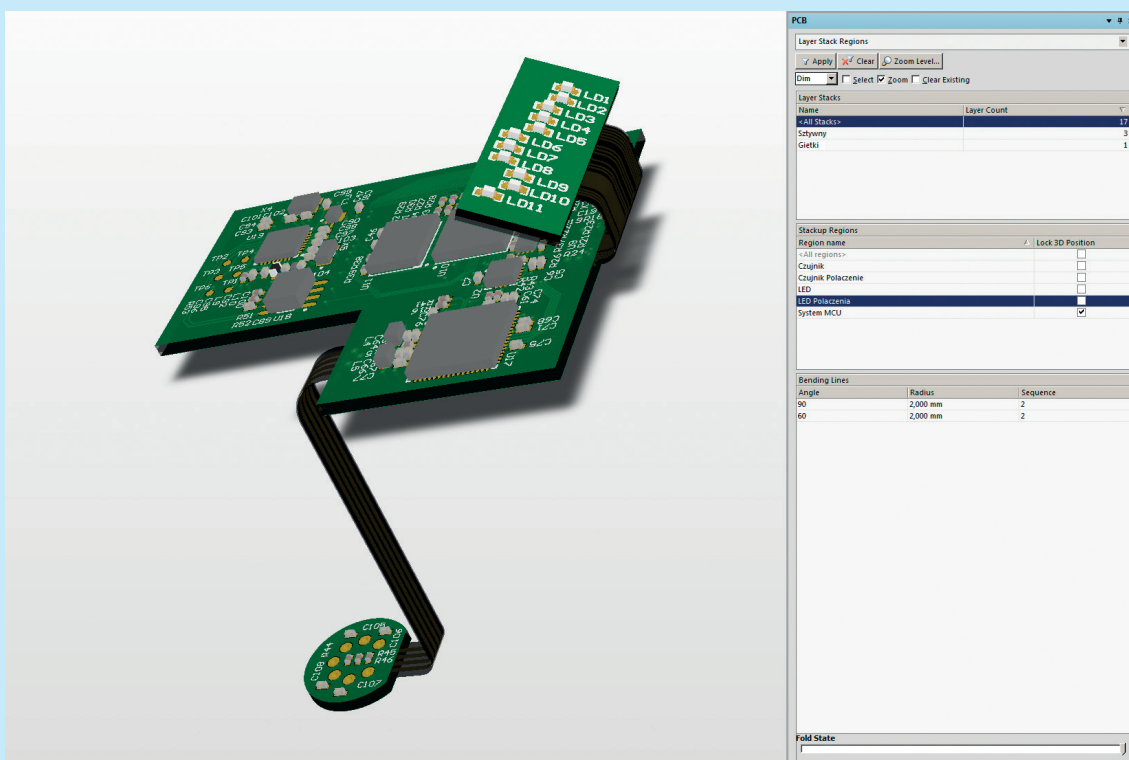
Obszar giętki stosu zdefiniowany został przez wyłączenie nieużywanych warstw stosu sztywnego, co zostało uwidocznione na rysunku. Obliczona na podstawie wprowadzonych grubości poszczególnych warstw obwodu drukowanego wypadkowa grubość płytki w części sztywnej wynosi 1,54 mm, natomiast warstwa elastyczna ma grubość 0,24 mm. Można zapisać zaprojektowany stos warstw (w pliku o rozszerzeniu *.stackup), by wykorzystać go jako szablon w innych projektach.

Po określeniu warstw płytki nadszedł czas na zaplanowanie obrysu cięcia. Wykorzystujemy do tego warstwę mechaniczną *Mechanical Layer 1* (przykładowy obrys przedstawia **rysunek 2**).

Następnie zaznaczamy warstwę *Mechanical Layer 1* i korzystając z menu *Design -> Board Shape -> Define From Selected Object* definiujemy kształt płytki (skrót klawiszowy [D][S][D]).

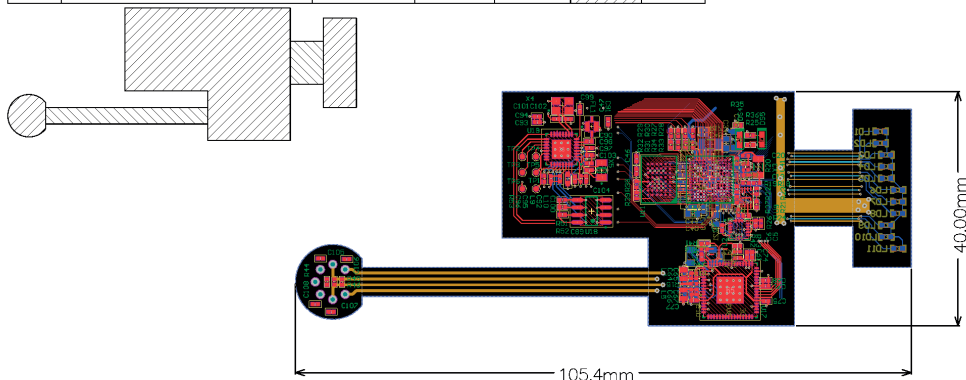
Nową opcją w Altium Designer 14 jest tryb planowania regionów PCB – menu *View -> Board Planning Mode* (klawisz skrót [1]). W tym trybie zablokowana jest możliwość edycji warstw (obszar płytki jest wyświetlany w kolorze zielonym), natomiast w menu *Design* pojawiają się dodatkowe opcje.

Na początek skorzystamy z polecenia *Split Line* – czyli możliwości wstawienia linii podziału między regionami. Po jego wybraniu (skrót [D][S]), kursor myszy zmieni się w krzyżyk. Początkowy i końcowy punkt linii podziału musimy wyznaczyć na krawędzi płytki. Program zaproponuje przebieg linii w kolorze niebieskim. Jeżeli w trakcie edycji linia podziału jest



Rysunek 3. Przykładowy obwód wykonany w technologii sztywno-giętkiej

| Layer | Name | Material | Thickness | Constant | Sztywny | Gietki |
|-------|------------------------------------|---------------|-----------|----------|---------|--------|
| 1 | Top Paste | | | | | |
| 2 | Top Overlay | | | | | |
| 3 | Top Solder | Solder Resist | 0,015mm | 3,5 | | |
| 4 | Top Layer (Cu – Rigid) | Copper | 0,035mm | | | |
| 5 | Core FR4 | FR4 | 0,500mm | 4,2 | | |
| 6 | Prepreg (Preimpregnowany FR4) | FR4 | 0,100mm | 4,2 | | |
| 7 | Polyimide (Coverlay – Pokrycie) | Polyimide | 0,010mm | 3,5 | | |
| 8 | Adhesive (Spoiwo) | Adhesive | 0,050mm | 4,2 | | |
| 9 | Signal Layer 1 (Cu – Rigid – Flex) | Copper | 0,035mm | | | |
| 10 | Polyimide (Podloze Flex) | Polyimide | 0,050mm | 4,2 | | |
| 11 | Signal Layer 2 (Cu – Rigid – Flex) | Copper | 0,035mm | | | |
| 12 | Adhesive (Spoiwo) | Adhesive | 0,050mm | 4,2 | | |
| 13 | Polyimide (Coverlay) | Polyimide | 0,010mm | 3,5 | | |
| 14 | Prepreg (FR4) | FR4 | 0,100mm | 4,2 | | |
| 15 | Core FR4 | FR4 | 0,500mm | 4,2 | | |
| 16 | Bottom Layer (Cu – Rigid) | Copper | 0,035mm | | | |
| 17 | Bottom Solder | Solder Resist | 0,015mm | 3,5 | | |
| 18 | Bottom Overlay | | | | | |
| 19 | Bottom Paste | | | | | |



Rysunek 4. Przykładowy obwód widok 2D

wyświetlana w kolorze czerwonym, oznacza to, że nie można jej w danym miejscu umieścić. Jeżeli wstawienie linii przebiegło pomyślnie, podzieli ona płytke PCB na dwa obszary. Dodanie kolejnego obszaru płytki uzyskujemy przez wstawienie następnej linii podziału. Aby usunąć linię podziału, możemy przesunąć jeden z jej końców w obszar zabroniony (linia wyświetli się na czerwono, po czym zniknie). Drugim sposobem jest przytrzymanie jednego z końców odcinka i wciśnięcie klawisza [DEL].

Tak wyznaczone linie podziału stanowią granicę między regionami płytki drukowanej. Klikając dwukrotnie w dany obszar, mamy możliwość przypisania mu odpowiedniego stosu warstw oraz nadania nazwy. Dodatkowa opcja *3D Locked* blokuje wybrany sztywny region płytki w przestrzeni 3D. Dzięki temu podczas wizualizacji można symulować ułożenie obwodu w docelowej obudowie, sprawdzając, w jaki sposób można go wyginać w odniesieniu do zablokowanego obszaru. Gdy dany obszar zostanie zdefiniowany jako elastyczny, Altium Designer automatycznie doda linię gięcia (*Bending Line*), którą można edytować według potrzeb.

Linie gięcia służą do zdefiniowania promienia i kąta, pod jakim zostanie uformowane połączenie elastyczne w docelowym miejscu zabudowania. Dodawanie i usuwanie linii gięcia odbywa się podobnie, jak dodawanie i usuwanie linii podziału – odpowiednie opcje znajdują się w menu *Design* → *Define Bending Line* (skrót [D][E]). Klikając dwukrotnie na końcu tej linii, możemy zdefiniować parametry kąta i promienia gięcia. Wygodniejszym rozwiązaniem jest jednak użycie do tego panelu *PCB*. Dostęp do tego panelu uzyskujemy po kliknięciu przycisku *PCB* (w prawym dolnym rogu okna edytora). Dzięki rozwijanej liście *Layer Stack And Regions*

panel w przejrzysty sposób prezentuje informacje o regionach i stosach warstw. Po odnalezieniu zestawionych linii podziału i dwukrotnym kliknięciu w obszarze listy, możemy wpisać parametry zgięć. Na podstawie tych danych program oblicza długość obszaru elastycznego.

Parametr *Sequence* określa kolejność, w której będą obrazowane etapy gięcia połączeń elastycznych w opcji widoku płytki 3D – przesuwając suwak *Fold State*, będziemy mieli możliwość przemieszczać się pomiędzy poszczególnymi etapami.

Trójwymiarowy widok płytki z zastosowanymi parametrami gięcia przedstawia **rysunek 3**. Aby dokumentacja obwodu była pełna, możemy dodać tabelkę opisującą zestaw warstw obwodu i podział na regiony. W tym celu z menu *Place* edytora PCB wybieramy *Layer Stack Table*. Tabelkę umieszczamy w obszarze dokumentu PCB – dodatkowe opcje są dostępne po naciśnięciu klawisza [TAB] w trakcie przesuwania tabelki. **Rysunek 4** przedstawia obwód drukowany w widoku 2D wraz z tabelką dokumentującą stos warstw i obszary obwodu.

PCB z Evatronix-u

Zaproponowany w artykule stos warstw został sprawdzony pod względem możliwości wykonania w firmie Evatronix SA. Szacunkowy koszt prezentowanego obwodu Rigid – Flex przy wykonaniu partii prototypowej (10 sztuk) to około 400 zł za płytkę. Przy zwiększeniu ilości zamawianych obwodów drukowanych cena jednostkowa za obwód znacznie maleje, dla serii 100 i 1000 sztuk zamawianych płytek wyniesie ona, odpowiednio, 55 złotych i 22 złote za płytkę.

Sławomir Górka
Evatronix SA