

Projektowanie płytek za pomocą Altium Designer Summer 09 (8)



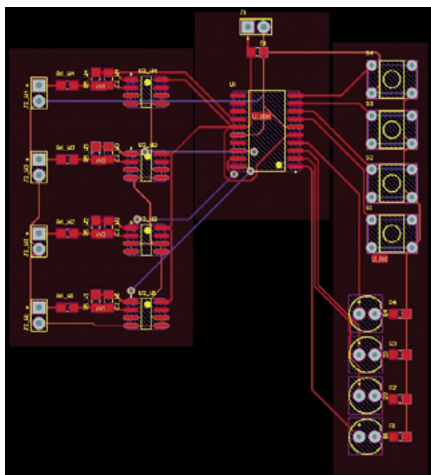
Dodatkowe materiały na CD/FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 16732, pass: 630v2nfb
 • poprzednie części kursu

W tej części kursu, w oparciu o przygotowany w poprzednim odcinku projekt z wieloma wariantami montażowymi, zajmiemy się wykonaniem podstawowej dokumentacji pomocnej w przygotowaniu prototypu obwodu drukowanego, a także przedstawimy sposób zastosowania w projekcie połączeń symetrycznych. Zajmiemy się także umieszczaniem większych obszarów miedzi na płytce drukowanej.

Na samym początku otworzymy projekt zawierający różne warianty montażowe, który przygotowaliśmy wspólnie w poprzedniej części kursu. Musimy teraz na podstawie utworzonych schematów dodać do projektu dokument płytki drukowanej. Wykonujemy to dokładnie tak samo, jak było to opisane wcześniej. Następnie rozmieszczamy elementy na płytce i w dowolny sposób wykonujemy połączenia elektryczne. Na tym etapie ćwiczenia rozmieszczenie elementów oraz sposób poprowadzenia połączeń nie jest istotny. Przykładowe przygotowanie obwodu drukowanego przedstawia **rysunek 152**. Zapisujemy zmiany w projekcie.

Przygotowanie podstawowej dokumentacji projektowej

Teraz przygotowujemy podstawową dokumentację zaprojektowanego urządzenia, która umożliwi wykonanie prototypu płytki drukowanej np. popularną metodą termotransferu. W tym celu musimy dodać do

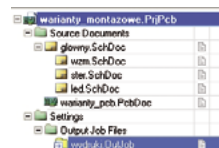


Rysunek 152.

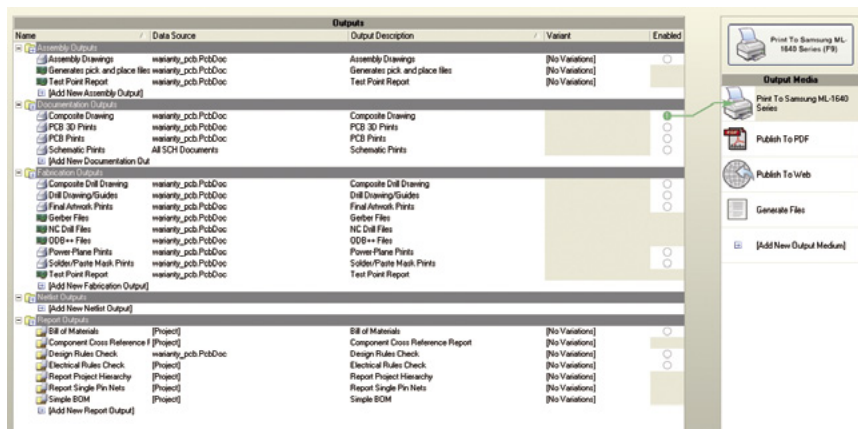
projektu nowy plik wyjściowy *Output Job File*, wybierając polecenie *File -> New -> Output Job File* i zapisujemy go pod nazwą *wydruki.OutJob*. **Rysunek 153** przedstawia wygląd obszaru roboczego dla tego pliku, a **rysunek 154** strukturę plików wchodzących w skład projektu. Za pomocą nowo utworzonego pliku mamy możliwość wygenerowania bardzo wielu plików i wydruków niezbędnych do fizycznego wykonania projektu. Między innymi możemy wydrukować schematy, rysunki poszczególnych warstw wchodzących w skład płytki drukowanej, różnego rodzaju raporty, a także możemy wygenerować pliki, dzięki którym będzie możliwe wykonanie płytek drukowanych w wyspecjalizowanych wytwórnich oraz montaż elementów z wykorzystaniem automatów pozycjonujących podzespoły.

Patrząc na obszar roboczy dodanego pliku *Output Job File* (**rysunek 153**), widzimy po jego prawej stronie panel zatytułowany *Output Media*, gdzie zaznaczamy, jaka czynność ma być wykonana. Na pierwszym miejscu jest widoczna drukarka (o ile mamy w kom-

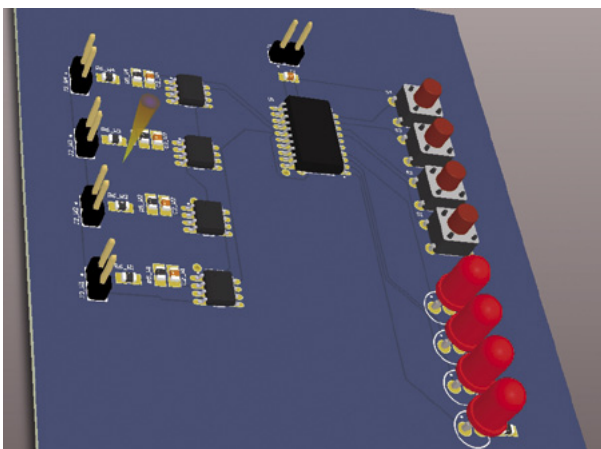
puterze zainstalowane sterowniki drukarki), dalej mamy możliwość wydrukowania do pliku PDF, wygenerowanie strony internetowej (*Publish to Web*) oraz wygenerowanie plików produkcyjnych (*Generate Files*). Ponad tą listą widzimy duży przycisk, po kliknięciu którego zostaną wykonane odpowiednie czynności, czyli wygenerowanie plików bądź wykonanie żądanych wydruków. Po lewej stronie widoczna jest lista czynności, które mogą zostać wykonane. Podzielone są one na kilka bloków: *Assembly Outputs* – wygenerowanie plików montażowych, np. dla automatu umieszczającego elementy na gotowej płytce, *Documentation Outputs* – wydrukowanie rysunków poszczególnych warstw PCB, widoków 3D płytki drukowanej oraz schematów, *Fabrication Outputs* – pliki służące do wykonania płytek drukowanych u wytwórcy, *Netlist Outputs* – lista połączeń elektrycznych, *Report Outputs* – różnego rodzaju raporty. Dodatkowo cała lista podzie-



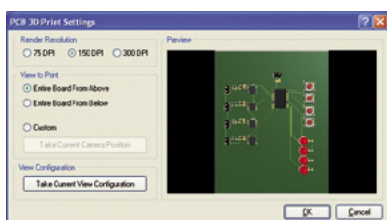
Rysunek 154. Struktura plików wchodzących w skład projektu



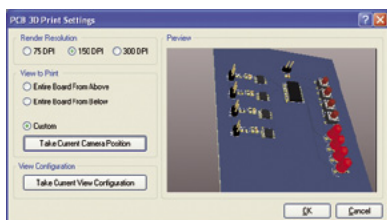
Rysunek 153. Wygląd obszaru roboczego



Rysunek 155. Widok płytki w 3D



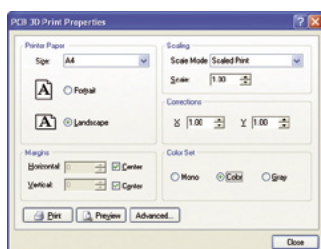
Rysunek 156. Okno nastaw wydruku 3D



Rysunek 157. Przykładowe nastawy wydruku

lona jest na kolumny: *Name* – nazwa generowanego pliku lub wydruku, *Data Source* – dokument źródłowy, *Output Description* – krótki opis, *Variant* – wybór wariantu montażowego, *Enabled* – pole wyboru, czy dana pozycja ma być uwzględniona w wykonywanych czynnościach. Kolejność zaznaczania pól *Enabled* ma wpływ na kolejność, w jakiej będą umieszczane dokumenty w wydruku.

W tym ćwiczeniu zajmiemy się wydrukowaniem schematów elektrycznych wszystkich wariantów montażowych oraz przygotowaniem odpowiednich rysunków ścieżek, dzięki którym możliwe będzie wykonanie



Rysunek 158. Nastawy dla wydruku kolorowego, w skali 1:1, na środku kartki

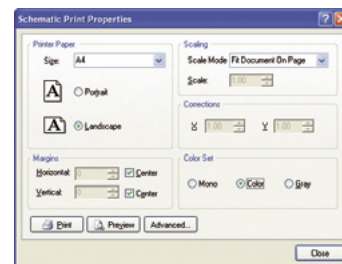


Rysunek 159. Okno nastaw wariantów montażowych

płytki metodą termotransferu, zatem interesować nas będzie jedynie zawartość bloku *Documentation Outputs*. W pierwszej kolejności określamy w panelu *Output Media*, w jaki sposób mają być wykonane wydruki. W przykładzie posłużę się wygenerowaniem pliku PDF, ale w przypadku wykonywania wydruków do termotransferu lub innej metody wykonywania płytek metodami amatorskimi najkorzystniej jest drukować bezpośrednio na posiadanej drukarce. Następnie odznaczamy (jeżeli jakieś jest) pola *Enabled*. W pierwszej kolejności, w formie niejako strony tytułowej, umieścimy trójwymiarowy widok przygotowanej płytki. W tym celu przechodzimy do edytora PCB, przełączamy się w tryb widoku 3D i ustawiamy widok np. taki, jak przedstawiony na **rysunku 155**. Wracamy teraz do pliku *wydruki.OutJob* i klikamy dwukrotnie lewym klawiszem myszy na pozycji *PCB 3D Prints*. Ujrzymy okno *PCB 3D Prints Settings* (**rysunek 156**). W sekcji *Render Resolution* okre-

Rysunek 161. Widok po prawidłowym skonfigurowaniu programu

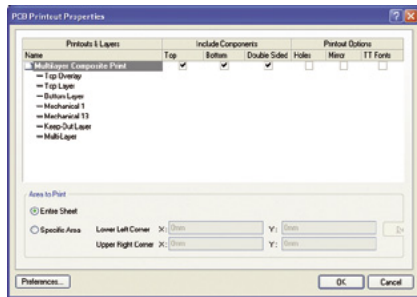
ślamy rozdzielczość wykonywanego renderowania widoku, oczywiście im wyższa, tym lepszy efekt uzyskamy. W sekcji *View to Print* mamy do wyboru trzy opcje widoku: *Entire Board From Above* – cała płytka z góry, *Entire Board From Below* – cała płytka od dołu oraz *Custom* – dowolny widok skonfigurowany przez nas. Zaznaczamy opcję *Custom*, a następnie klikamy na przycisk *Take Current Camera Position*, co spowoduje pobranie aktualnego widoku płytki drukowanej. Dodatkowo możemy kliknąć przycisk *Take Current View Configuration*, dzięki czemu wszystkie ustawienia widoku z edytora PCB, takie jak kolor soldermaski itp. zostaną uwzględnione w wydruku. Widok okna z odpowiednimi ustawieniami przedstawia **rysunek 157**. Zamykamy okno, klikając na przycisk OK, a następnie zaznaczamy odpowiednie pole *Enabled*. Następnie klikamy prawym klawiszem myszy na pozycję *PCB 3D Prints* i wybieramy *Page Setup*. Pojawi się okno zatytułowane *PCB 3D Print Properties*, w którym określamy rozmiar papieru, skalowanie oraz rodzaj wydruku (czarno-biały, kolorowy, skala szarości). Ustawienia przedstawione na **rysun-**



Rysunek 160. Parametry wydruku wariantu

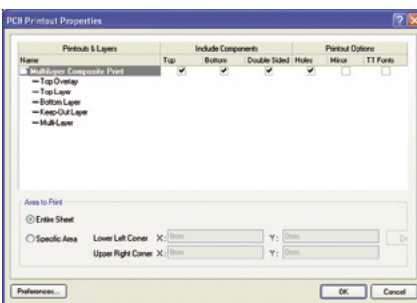
ku 158 powodują, że widok będzie w skali 1, czyli rzeczywistych rozmiarów, kolorowy oraz umieszczony centralnie na stronie. Teraz zajmiemy się przygotowaniem wydruków schematów dla wszystkich wariantów montażowych. Na liście dostępnych wydruków znajduje się pozycja *Schematic Prints*, dla której w kolumnie *Data Source* zaznaczona jest pozycja *All SCH Documents*. Tak skonfigurowany wydruk zawierałby co prawda wszystkie dokumenty schematów wchodzące w skład projektu, ale nie uwzględniałby różnic wynikających ze zdefiniowanych wariantów montażowych. Możemy zmienić ustawienie parametrów dla tej pozycji, ale w celach edukacyjnych usuniemy ją z listy. W tym celu klikamy prawym klawiszem my-

szy, wybieramy polecenie *Delete* i zatwierdzamy chęć usunięcia wydruku. Teraz klikamy na pozycji *Add New Documentation Output*, wybieramy *Schematic Prints* -> [*Project Physical Documents*] i nadajemy nazwę *Schematy – wersja standardowa*. Wybranie opcji *Project Physical Documents* spowoduje, że będziemy mogli określić, według którego wariantu montażowego mają zostać wydrukowane schematy. Teraz dla dodanego wydruku w kolumnie *Variant* wybieramy opcję *Wersja standardowa* i zaznaczamy pole *Enabled*. Zmiany przedstawia **rysunek 159**. Dla tego wydruku również ustawimy parametry drukowania. Klikamy prawym klawiszem myszy, wybieramy *Page Properties* i konfigurujemy ustawienia zgodnie z **rysunkiem 160**. Tym razem uzyskamy kolorowy wydruk umieszczony centralnie, dodatkowo wyskalowany do wielkości papieru. Musimy teraz dodać wydruki dla kolejnych wariantów montażowych. Najszybciej uzyskamy to, klikając prawym klawiszem myszy na wcześniejszej pozycji odpowiadającej standardowej wersji urządzenia i wybierając polecenie *Duplicate*. Następnie wpisujemy odpowiednią nazwę, np. *Schematy – 2 kanały wersja 1*, a następnie w kolumnie *Variant* wybieramy odpowiedni wariant montażowy i zaznaczamy pole *Enabled*. Ponownie musi-

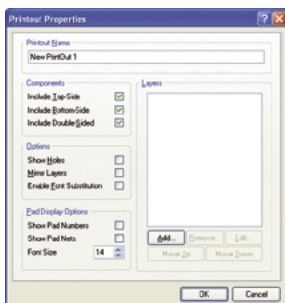


Rysunek 162. Okno PCB Printout Properties

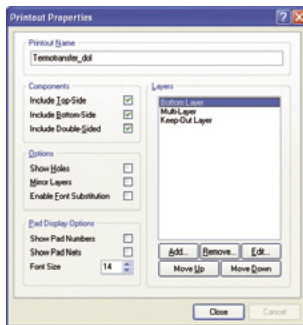
my także ustawić parametry wydruku za pomocą polecenia *Page Properties*. Czynności powtarzamy dla pozostałych wariantów montażowych skonfigurowanych w projekcie. Po wykonaniu tych czynności powinniśmy uzyskać widok zgodny z **rysunkiem 161**. Teraz zajmiemy się skonfigurowaniem wydruków wzorów ścieżek. Klikamy dwukrotnie na pozycji *PCB Prints*. Zostanie wyświetlone okno *PCB Printout Properties* (**rysunek 162**), w którym domyślnie znajduje się skonfigurowany wydruk wszystkich najbardziej istotnych warstw. Z listy widocznych warstw usuwamy *Mechanical 1* oraz *Mechanical 13*, klikając na nie prawym klawiszem myszy i wybierając polecenie *Delete*. Kolejność warstw na liście ma wpływ na ich wygląd na wydruku. Te warstwy, które znajdują się najwyżej na liście, znajdują się niejako na wierzchu wydruku, przestając pozostałe. Zaznaczamy pole wyboru w kolumnie *Holes*, co spowoduje, że będą widoczne otwory w polach lutowniczych. W sekcji *Area To Print* pozostawiamy zaznaczenie w polu *Entire Sheet*, dzięki czemu zostanie wydrukowany cały obszar płytki



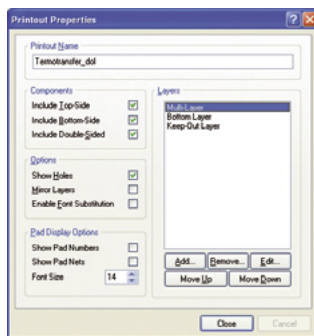
Rysunek 163. Prawidłowo skonfigurowany wydruk



Rysunek 164. Okno konfigurowania wydruku dla metody termo transferu

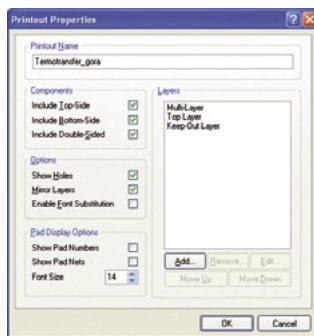


Rysunek 165. Lista warstw

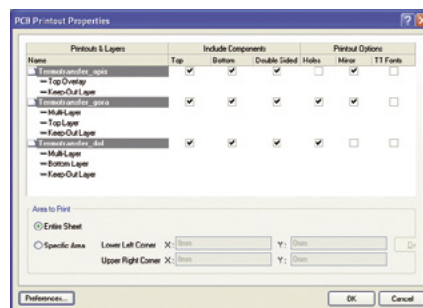


Rysunek 166. Prawidłowe rozmieszczenie warstw

drukowanej. Tak skonfigurowany wydruk (**rysunek 163**) będzie poglądowym rysunkiem całej płytki drukowanej zawierającym wszystkie ścieżki oraz opisy. Ustawiamy także dla tego wydruku opcje, korzystając z polecenia *Page Properties*. Wybieramy opcje dla wydruku kolorowego oraz skalę o wartości 1.00. Dodajemy nowy wydruk ścieżek, klikając na *Add New Documentation Output* i wybierając *PCB Prints* -> *warianty_pcb.PcbDoc* i nadajemy mu nazwę *PCB* -

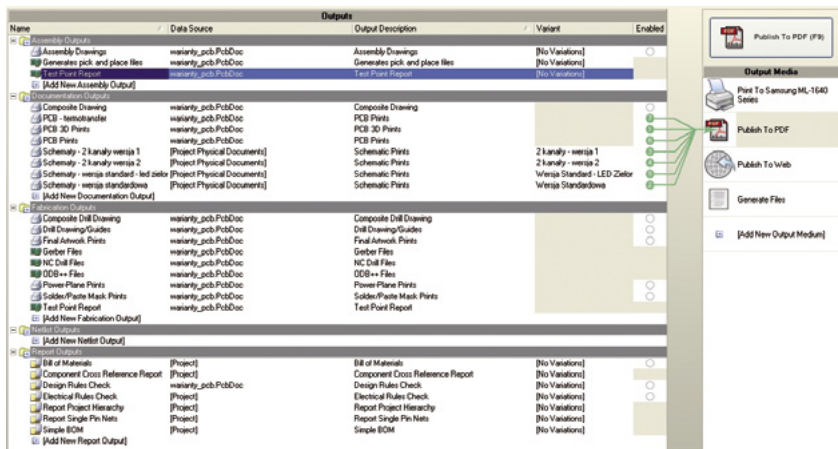


Rysunek 167. Ustawienie wydruku w odbiciu lustrzanym

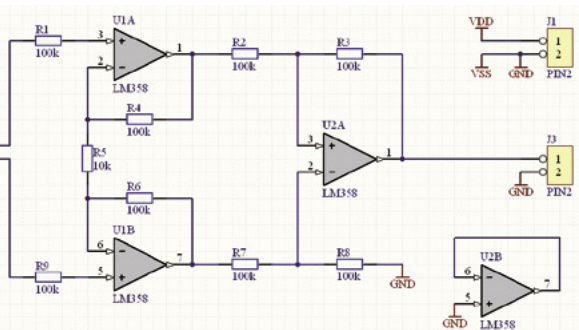


Rysunek 168. Prawidłowe nastawy w oknie PCB Printout Properties

termotransfer. Klikamy dwukrotnie – na dodanym wydruku pojawi się znane już okno z **rysunkiem 162**. Tym razem klikamy prawym klawiszem myszy w wolnym obszarze okna i wybieramy *Insert Printout*. W kolumnie zatytułowanej *Printouts & Layers* pojawi się wydruk o nazwie *New PrintOut 1*. Klikamy na niego prawym klawiszem myszy i wybieramy *Properties...* po czym ujrzymy okno widoczne na **rysunku 164**. W tym właśnie oknie będziemy konfigurować, które warstwy mają się znaleźć na wydruku oraz w jakiej kolejności. Na początek zmienimy nazwę wydruku w polu *Printout Name* na *Termotransfer_dol*. Następnie w sekcji *Layers* klikamy na przycisk *Add* i w kolejnym oknie z listy *Print Layer Type* wybieramy warstwę *Bottom Layer*. Pozostałe opcje pozostawiamy bez zmian i klikamy na przycisk *OK*. Widzimy teraz, że na liście warstw pojawiła się jedna warstwa. W podobny sposób dodajemy warstwy: *Multi-Layer* (zawiera pola lutownicze) oraz *Keep-Out Layer* (obrys płytki). Powinniśmy uzyskać listę zgodną z **rysunkiem 165**. Następnie zaznaczamy pole *Show Holes* w sekcji *Options*, dzięki temu będą widoczne otwory wewnątrz pól lutowniczych dla elementów przewlekanych. Aby były one poprawnie widoczne, musimy odpowiednio posortować warstwy w wydruku, aby warstwa *Multi-Layer* była najwyżej, w tym celu zaznaczamy odpowiednią warstwę na liście i posługując się przyciskami *Move Up* oraz *Move Down*, zmieniamy kolejność. Poprawne ustawienia przedstawia **rysunek 166**. Zamykamy okno, klikając na przycisk *Close*. Dodajemy kolejny wydruk o nazwie *Termotransfer_gora* w oknie *PCB Printout Properties* i dodajemy do niego warstwy *Top Layer*, *Multi-Layer* oraz *Keep-Out Layer*. Ponownie ustawiamy widoczność otworów, a także zaznaczamy opcję *Mirror Layers*, co spowoduje, że wydruk będzie odbiciem lustrzanym (jest to potrzebne w wykonywaniu płytek metodą termotransferu). Ustawienia przedstawia **rysunek 167**. Możemy także dodać wydruk warstwy opisowej, którą także przeniesiemy na laminat metodą termotransferu. Taki wydruk tworzymy tak samo jak poprzedni, ale dodajemy do niego jedynie warstwy *Top Overlay* oraz *Keep-Out Layer*, a także ustawiamy odbicie lustrzane. W ostatnim kroku musimy jeszcze usunąć pozycję zatytułowaną *Multilayer Composite Print*, klikając prawym klawiszem myszy i wybierając *Delete*. Ostatecznie okno *PCB Printout Properties* powinno być zgodne z **rysunkiem 168**. Zamykamy okno przyciskiem *OK*. W dalszym kroku klikamy prawym klawiszem myszy na *PCB* - *termotransfer* i wybieramy polecenie *Page Properties*. Ustawiamy w nim kolor wydruku na *Mono* oraz skalę wydruku na 1.00. Na koniec zaznaczamy pole w kolumnie *Enabled* dla wydruków wzorów ścieżek do termotransferu



Rysunek 169. Zawartość pliku wydruki.OutJob



Rysunek 170. Schemat układu dla ćwiczenia

i zapisujemy zmiany w pliku *wydruki.OutJob*, który powinien wyglądać teraz tak jak na **rysunku 169**. Teraz wystarczy kliknąć na przycisk powyżej listy *Output Media* lub wcisnąć klawisz F9 na klawiaturze, aby uzyskać odpowiednie wydruki lub, jak w wykonanym przeze mnie przykładzie, plik PDF. Jeżeli wybraliśmy opcję wygenerowania pliku, to zostanie on zapisany w podfolderze

o nazwie *Project Outputs for [nazwa_projektu]* znajdującym się w folderze projektu.

W dalszym ciągu kursu, korzystając z pliku *Output Job File*, przygotujemy także dokumentację w formie zbioru plików produkcyjnych, dzięki któremu będzie możliwe zamówienie wykonania płytki u wytwórcy.

Połączenie symetryczne

W różnicowym układzie transmisyjnym sygnał jest przesyłany parą nośników (przewody, ścieżki), z których jeden przesyła sygnał, zaś drugi przesyła taki sam, ale przeciwny obraz sygnału. Nośniki te powinny być jednorodne, równo-oddalone od siebie, co zapewnia utrzymanie pewnej impedancji charakterystycznej wzdłuż całego połączenia. Połączenie różnicowe jest także nazywane linią symetryczną. Jako przykład wykorzystania transmisji różnicowej można przytoczyć RS485.

W przykładowym ćwiczeniu wykonamy projekt prostego wzmacniacza z wejściem różnicowym, dla którego skonfigurujemy oraz wykonamy w obwodzie drukowanym odpowiednie połączenia

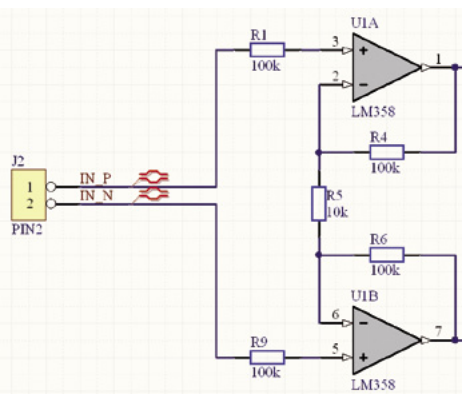
kiem 170. Teraz zajmiemy się skonfigurowaniem pary różnicowej na schemacie. Będą to połączenia wychodzące ze złącza J2. Najpierw musimy nadać nazwy każdej z linii, korzystając z polecenia *Place -> Net Label*. Ważne jest, aby obydwie linie miały tę samą nazwę, ale zawierały przyrostki *_N* oraz *_P*. Następnie umieszczamy odpowiednie dyrektywy informujące kompilator projektu, żeby wybrane przez nas połączenia traktował jako parę różnicową. W tym celu wybieramy polecenie *Place -> Directives -> Differential Pair*. Poprawnie wykonane operacje prezentuje **rysunek 171**. Teraz możemy wykonać kompilację projektu oraz przenieść dane ze schematu do edytora PCB. Rozmieszczamy elementy na projektowanej płytce drukowanej i przystępujemy do interaktywnego prowadzenia pary różnicowej. W tym celu wybieramy polecenie *Place -> Interactive Differential Pair Routing*. Widzimy teraz, że wszystkie pola lutownicze nienależące do skonfigurowanej wcześniej pary różnicowej zostały zaciemnione. Wykonujemy połączenia w podobny sposób jak we wcześniej przedstawionych przypadkach interaktywnego prowadzenia ścieżki lub wielu ścieżek, czyli klikamy na dostępnym polu lutowniczym i rozpoczynamy prowadzenie ścieżek

wchodzących w skład pary różnicowej (**rysunek 172**). Resztę połączeń wykonujemy w dowolny przedstawiony wcześniej sposób i zapisujemy zmiany w projekcie. Jak widać, skonfigurowanie i wykonanie połączeń wykorzystujących transmisję różnicową w programie Altium Designer jest bardzo proste i szybkie.

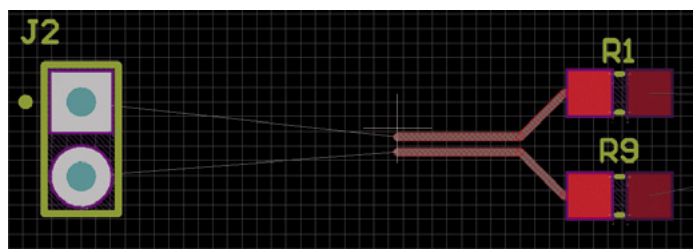
Wypełnienia wieloboczne i pola miedzi

Niejednokrotnie oglądając płytki drukowane wyjęte z jakiegoś urządzenia, a także czytając artykuły opisujące projekty przygotowane w redakcji lub przez czytelników, widzimy, że poprowadzone ścieżki są dodatkowo otoczone jednolitym obszarem miedzi, który najczęściej podłączony jest do masy urządzenia. Spotyka się także pola miedzi zajmujące fragment płytki, często wykorzystywane do przesyłania znacznych prądów. Wykorzystując projekt wykonany w poprzednim ćwiczeniu, przedstawię, jak umieścić takie elementy.

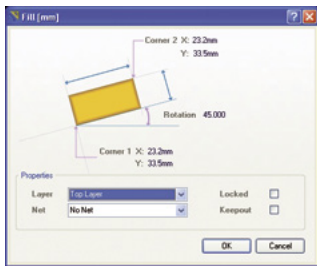
Na początek skorzystamy z narzędzia wypełnienia (*Place -> Fill*). Uzyskane w ten sposób kształty mogą być tylko prostokątne i nie mogą obejmować innych obiektów, takich jak punkty lutownicze, przelotki, ścieżki lub teksty. Wstawmy teraz pole miedzi, korzystając z tego narzędzia. Wybieramy polecenie *Place -> Fill* i wciskamy klawisz Tab na klawiaturze. Ujrzymy okno konfigurowania wypełnienia (**rysunek 173**), w którym możemy zdefiniować położenie dwóch przeciwnych narożników (*Corner 1, Corner 2*),



Rysunek 171. Konfigurowanie połączenia symetrycznego



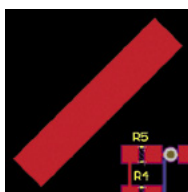
Rysunek 172. Prowadzenie ścieżek połączenia symetrycznego



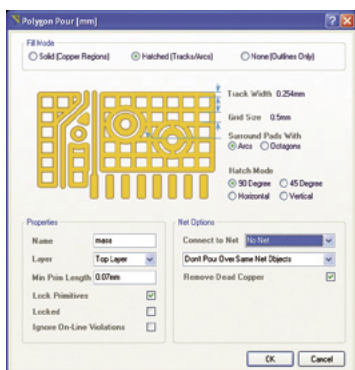
Rysunek 173. Okno konfigurowania wypełnienia

kąt obrotu (*Rotation*), warstwę, na której umieszczamy wypełnienie (*Layer*) oraz etykietę połączenia (*Net*). Ustawmy kąt obrotu na 45 stopni, warstwę na *Top Layer* oraz brak połączenia elektrycznego (*No Net*), a następnie umieścmy wypełnienie w wolnym obszarze płytki drukowanej (rysunek 174). W ten sposób możemy łatwo uzyskać połączenie do przesyłu znacznych prądów o odpowiednio dużym przekroju.

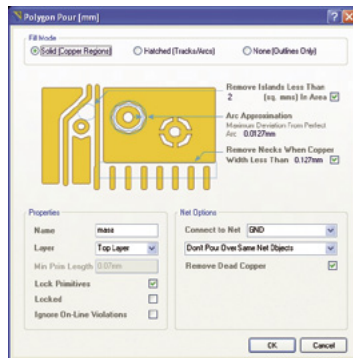
Teraz przejdziemy do wypełnień wielobocznych (*Polygon Pour*). Narzędzie to tworzy duży obszar ciągłej lub kratowej miedzi, który może wypełniać obszar o nieregularnych kształtach. Podczas wypełniania przestrzegane są odległości od obiektów elektrycznych innych sieci, natomiast obiekty tej samej sieci mogą się łączyć z wypełnieniem. Po wybraniu polecenia *Place* -> *Polygon Pour* ujrzymy okno konfiguracyjne tego narzędzia widoczne na rysunku 175. W sekcji zatytułowanej *Fill Mode* (tryb wypełnienia) wybieramy, jakiego typu wypełnienie chcemy uzyskać. Jeśli wybrany jest tryb *Solid (Copper Regions)*, to obszar wewnątrz wieloboku jest wypełniany polami miedzi. Jeśli wybrany jest tryb *Hatched (Tracks/Arcs)* (wypełnienie kratowe), to wypełnienie wieloboku jest wykonywane liniami kraty. Najpierw



Rysunek 174. Umieszczanie wypełnienia na płycie drukowanej

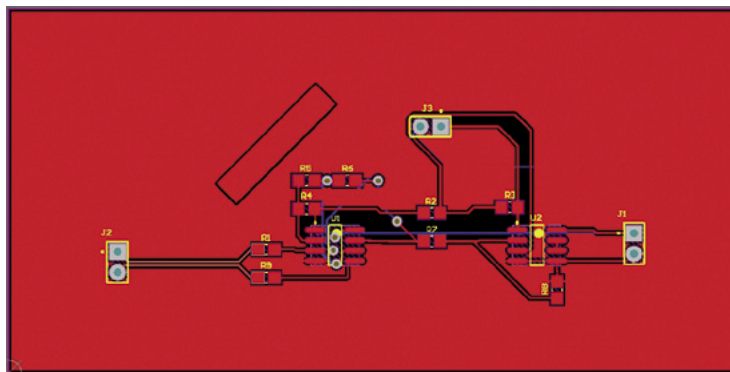


Rysunek 175. Okno konfiguracyjne wypełnienia



Rysunek 176. Okno konfiguracyjne wypełnienia po zmianach

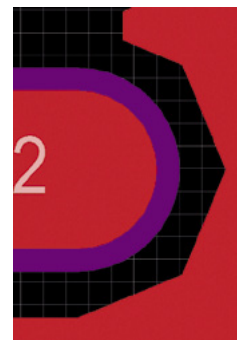
otaczane są przy użyciu łuków i ścieżek wszystkie obiekty znajdujące się wewnątrz konturu wieloboku, a następnie każda wydzielona powierzchnia jest wypełniana ścieżkami. Jeżeli wybrany jest tryb *None (Outlines Only)* (wypełnienie puste), to tworzone są zewnętrzne krawędzie wieloboku ze ścieżek i łuków, a wewnątrz pozostaje puste. Tej opcji można użyć, jeśli chcemy wstawić wypełnienie podczas projektowania, lecz nie chcemy zbyt spowalniać programu. Później wypełnienie może zostać ponownie wylane jako ciągłe lub kratowe. W sekcji *Properties* najbardziej istotne są pola *Name*, czyli nazwa tworzonego wypełnienia oraz *Layer* – warstwa dla wypełnienia. W sekcji *Net Options* ustalamy parametry połączenia wylewanego obszaru miedzi. W polu *Connect to Net* określamy, do którego połączenia elektrycznego tworzony obszar ma być podłączony. Z listy znajdującej się nieco niżej wybieramy sposób łączenia wypełnienia z obiektami sieci należącymi do tej samej sieci co wypełnienie, to wybieramy opcję *Pour Over All Same Net Objects*. Opcję *Pour Over Same Net Polygons Only* wybieramy, gdy chcemy, aby wypełnienie automatycznie łączyło się wewnątrz konturu tylko z wypełnieniami wielobocznymi, które należą do tej samej sieci. Natomiast gdy chcemy, by wypełnienie wieloboczne nie łączyło się z innymi obiektami sieci, wybieramy opcję *Don't Pour Over Same Net Objects*. Zazna-



Rysunek 177. Efekt wypełnienia



Rysunek 178. Niedokładności w wypełnieniu łuku



Rysunek 179. Zmiany w wypełnieniu łuku przy *Arc Approximation=0,05 mm*

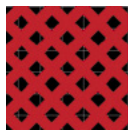
czenie pola wyporu opisanego jako *Remove Dead Copper* powoduje usunięcie wszelkich fragmentów wypełnienia wielobocznego, które nie mogą zostać podłączone do wybranej sieci.

Wybermy teraz tryb wypełnienia *Solid (Copper Regions)*. Widzimy, że wygląd okna konfiguracyjnego nieco się zmienił (rysunek 176). Mamy teraz możliwość ustawienia trzech parametrów wypełnienia wielobocznego. Parametr *Remove Islands* odpowiada za usuwanie wysp o polu mniejszym od podanej przez nas wartości. Jednostką pola powierzchni będą milimetry kwadratowe (gdy korzystamy z systemu metrycznego) lub milsy kwadratowe (dla systemu imperialnego). Parametr *Arc Approximation* pozwala ustalić maksymalne odchylenie od łuku idealnego podczas wykonywania wypełnienia wokół punktów lutowniczych lub przelotek. Im mniejsza wartość, tym bardziej gładki będzie łuk. Trzeci parametr, *Remove Necks*, odpowiada za usuwanie przewężeń o szerokości

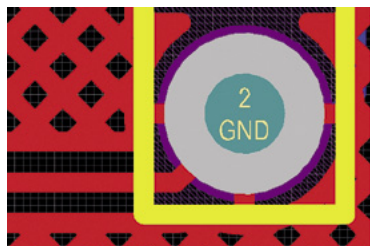
mniejszej od zadanej w wypełnieniu wielobocznym. Pozostawiamy teraz ustawienia zgodnie z rysunkiem 176, zatwierdzamy wybór przyciskiem OK i rysujemy prostokąt po-



Rysunek 180. Krata 90° używana do wypełnienia



Rysunek 181. Krata 45° używana do wypełnienia



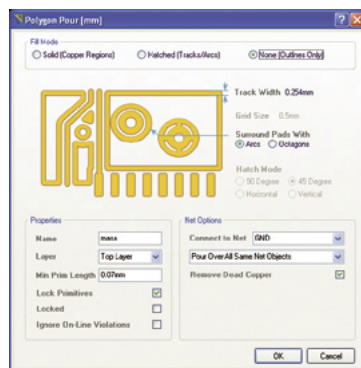
Rysunek 182. Przykład gotowego wypełnienia kratowego

krzywający cały obszar płytki drukowanej. Efekt przedstawia **rysunek 177**. Na zbliżeniu wypełnienia wokół pola lutowniczego widzimy pewne niedokładności w wykonaniu łuku (**rysunek 178**). Dla przykładu na **rysunku 179** przedstawiam ten sam fragment płytki, przy czym parametr *Arc Approximation* został zwiększony do wartości 0,05 mm.

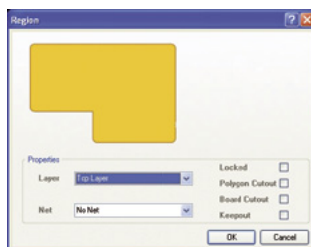
Klikamy dwukrotnie lewym klawiszem myszy na umieszczonym wypełnieniu, by ponownie otworzyć okno parametrów. Zmieniamy tryb wypełnienia na kratowy (*Hatched (Tracks/Arcs)*). Za pomocą parametru *Track Width* ustawiamy szerokość ścieżek, które będą tworzyć kratę. Wartość parametru *Grid Size* wpływa na odległość pomiędzy sąsiednimi ścieżkami w kratce. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby wielkość ta była nieznacznie mniejsza od szerokości ścieżek, wtedy otrzymamy jednolite wypełnienie. Pola wyboru opisane jako *Surround Pads* określają, jakim kształtem będą otaczane pola lutownicze. Do wyboru mamy okręgi (*Arcs*) lub ośmiokąty (*Octagons*). Za pomocą pól *Hatch Mode* określamy, jakiego typu kratę będzie utworzona. Tryb *90 Degree* utworzy kratę ze ścieżek ułożonych pionowo i poziomo przecinających się pod kątem prostym (**rysunek 180**). Tryb *45 Degree* utworzy podobną kratę, jednak ścieżki będą odchylone względem osi x oraz y o kąt 45 stopni (**rysunek 181**). Wybranie opcji *Horizontal* spowoduje zastosowanie jedynie poziomo poprowadzonych ścieżek. Podobnie jest z trybem *Vertical*, ale tym razem użyte będą jedynie pionowe ścieżki. Przyjrzyjmy się teraz, jaki wpływ na umieszczane wypełnienie wieloboczne ma parametr odpowiedzialny za sposób połączenia wypełnienia z innymi obiektami z tej samej sieci. Na **rysunku 182**



Rysunek 183. Fragment obwodu drukowanego po wybraniu opcji *Pour Over Same Net Objects*



Rysunek 184. Wybór wypełnienia pustego



Rysunek 185. Okno konfigurowania wcięć

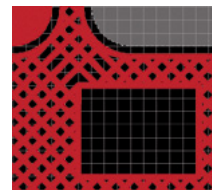
przedstawiłem wygląd przykładowego wypełnienia kratowego połączonego z siecią GND, dla którego została wybrana opcja *Don't Pour Over Same Net Objects*. Widzimy, że wypełnienie łączy się z polem lutowniczym, jednak ścieżka nie została pokryta wypełnieniem. **Rysunek 183** przedstawia ten sam fragment obwodu drukowanego, przy czym została wybrana opcja *Pour Over Same Net Objects*. Różnica jest wyraźnie widoczna.

Ponownie przechodzimy do okna konfigurowania wypełnienia wielobocznego i wybieramy ostatni tryb, czyli wypełnienie puste (*None (Outlines Only)*) (**rysunek 184**). W tym trybie określamy jedynie szerokość ścieżek oraz sposób otaczania pól lutowniczych. Zachęcam do poeksperymentowania z narzędziem wielobocznego wypełnienia.

Ostatnim narzędziem, które chciałem przedstawić, jest obszar jednolity (*Solid Region*). Za jego pomocą możemy tworzyć ciągły obszar miedzi o bardziej złożonym kształcie. Nie może on jednak obejmować innych obiektów. Możemy także za pomocą tego narzędzia tworzyć obszar wycięcia w wielobocznym wypełnieniu, obszar zabroniony lub nawet wycięcie w laminacie wewnątrz wypełnienia wielobocznego. Wybieramy po-



Rysunek 186. Zmiana stylu narożników



Rysunek 187. Uwzględnienie wcięcia po wylaniu obszaru miedzi

lecenie *Place* -> *Solid Region* i wciskamy klawisz *Tab*. Zostanie wyświetlone okno przedstawione na **rysunku 185**. W pierwszej kolejności za pomocą pól wyboru określamy, jakiego rodzaju chcemy zastosować obszar. Pozostawienie wszystkich pól niezaznaczonych spowoduje, że umieścimy na płytce obszar miedzi. Opcja *Polygon Cutout* umożliwi nam umieszczenie obszaru wycięcia w wypełnieniu wielobocznym, zaś *Board Cutout* wycięcie w płycie drukowanej. Zaznaczenie opcji *Keepout* umożliwi utworzenie obszaru zabronionego. W takim obszarze nie będą mogły być prowadzone ścieżki oraz umieszczane elementy elektroniczne. W zależności od wybranej opcji możemy jeszcze wybrać warstwę oraz sieć elektryczną. Korzystając z tego narzędzia, wstawmy teraz pole miedzi oraz wycięcie w płycie. Wciskając kombinację klawiszy na klawiaturze *Shift+Spacja*, możemy zmieniać styl narożników. Przykład przedstawia **rysunek 186**. Następnie wstawmy wypełnienie wieloboczne pokrywające całą płytkę tak jak w poprzednim ćwiczeniu. Ponownie wybieramy narzędzie *Solid Region*, wybieramy opcję *Polygon Cutout* i umieszczamy obszar na projektowanej płycie. Następnie zaznaczamy utworzone wcześniej wypełnienie wieloboczne, klikamy prawym klawiszem myszy i wybieramy polecenie *Polygon Actions* -> *Repour*, a odpowiadamy twierdząco w oknie zapytania. Spowoduje to ponowne wylanie obszaru miedzi z uwzględnieniem dodanego obszaru wycięcia w wypełnieniu (**rysunek 187**). Ważne jest, żeby umieszczać wypełnienia wieloboczne dopiero po wykonaniu ewentualnych wycięć w strukturze obwodu drukowanego. W przeciwnym przypadku program może zacząć działać nieprawidłowo.

W kolejnej części kursu

W kolejnej części kursu zajmiemy się zapowiadany wcześniej bardzo ważnym zagadnieniem, jakim są reguły projektowe.

Kamil Pawliczak
kamil.pawliczak@gmail.com