

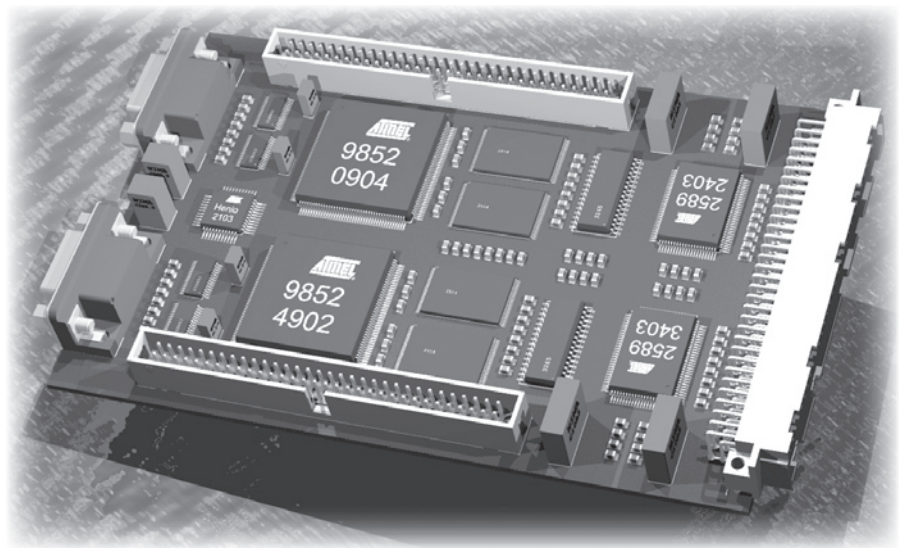
# Kurs obsługi EAGLE, część 8

Dzisiejszy – przedostatni – odcinek kursu poświęcamy eksportowi danych z programu Eagle. Otrzymane w ten sposób pliki są niezbędne do wyprodukowania zaprojektowanych płytek, jak również w celach udokumentowania wykonanego projektu. Przyjrzymy się dokładniej CAM-procesorowi, dzięki któremu zostaną wygenerowane pliki w formacie gerbera. Utworzymy pliki w formacie Excellon zawierające informacje na temat wierconych otworów. Opiszemy również narzędzie pozwalające na zobrazowanie płytki w postaci 3D, pod dowolnym kątem oraz z oświetleniem.

W kilku poprzednich częściach cyklu opisaliśmy edytor płytek drukowanych. Teoretycznie mamy już gotową, poprawnie zaprojektowaną płytkę. Nie jest to jednak koniec pracy z programem EAGLE. Nasza płytka istnieje jedynie jako plik zapisany na dysku twardym komputera. Aby wynik naszej pracy można było wziąć w rękę i wlotować poszczególne elementy, musimy płytkę wyprodukować. Technologia produkcji płytek jest podzielona na kilka etapów. Produkcja przemysłowa płytki dwuwarstwowej, w zależności od technologii przebiega w dużym skrócie następująco:

- czyszczenie laminatu,
- wiercenie otworów,
- tworzenie przelotek łączących obie strony (metalizacja),
- pokrywanie substancją światłoczułą,
- naświetlanie,
- wywoływanie,
- trawienie,
- pokrywanie maską lutowniczą,
- pokrywanie pól lutowniczych związkami ułatwiającymi lutowanie (cynowanie lub złocenie),
- nanoszenie, za pomocą sitodruku opisu elementów oraz innych nadruków.

Jeżeli zdecydujemy się na wyko-




nanie płytki samemu, w domowych warunkach, godna polecenia jest metoda fotochemiczna. Przy użyciu laminatu pokrytego już wcześniej powłoką światłoczułą, produkcja płytki ogranicza się praktycznie tylko do czterech etapów:

- naświetlanie płytki,
- wywoływanie,
- trawienie,
- wiercenie.

Niezależnie od tego, jaka metoda zostanie wybrana, musimy przygotować dokumentację, dzięki której naświetlimy płytkę. Dokumentację tę możemy również wysłać firmie, która podejmie się produkcji naszej płytki.

Rozpocznijmy od opisu funkcji drukowania, za pomocą standardowej drukarki zainstalowanej w systemie Windows. Drukowanie dostępne jest z poziomu każdego edytora, czyli można wydrukować schemat, płytkę, jak również elementy z biblioteki.

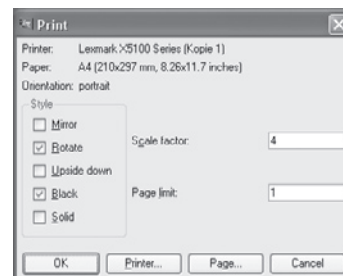
Na początku musimy przy pomocy komendy *DISPLAY* określić, które płaszczyzny chcemy, a których nie chcemy umieścić na wydruku. Generalnie funkcjonuje zasada, iż wszystko co jest widoczne na ekranie, będzie również widoczne na wydruku. Wyjątkiem są linie rastra, oraz punkty bazowe tekstów. Wydruk ma zawsze postać pozytywu, czyli na białym tle ciemne obiekty. W czasie drukowania płytki nie bójmy się więc o zawartość czarnego tuszu z naboju naszej drukarki, nie wyjdzie z niej bowiem prawie

w pełni czarna strona. Po wpisaniu instrukcji *PRINT* lub przyciśnięciu ikony , zostaje otworzone okienko dialogowe drukowania (rys. 47). W zależności od edytora, z którego została wywołana instrukcja, wygląd okna może się nieco różnić. My zajmiemy się drukowaniem z edytora płytki. W przypadku edytora schematów, okienko dialogowe drukowania jest wzbogacone jedynie o możliwość wyboru strony schematu, którą chcemy wydrukować. W górnej części okna wyświetlona jest nazwa aktualnie wybranej drukarki oraz informacje na temat rozmiaru, a także położenia papieru. Drukarkę oraz jej ustawienia możemy zmienić za pomocą klawisza *Printer..* W polu *Style* mamy możliwość zmiany poszczególnych parametrów wydruku. Dostępne opcje mają następujące znaczenie:

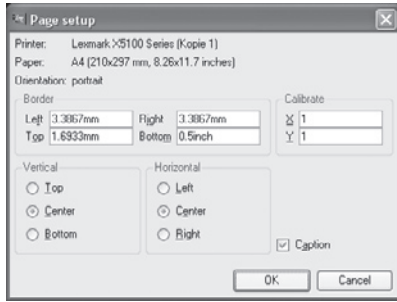
*Mirror* – powoduje lustrzane odbicie wydruku;

*Rotate* – obraca wydruk o 90 stopni;

*Upside down* – obraca wydruk o 180 stopni, w połączeniu z *Rotate* mamy możliwość obrotu o 270 stopni



Rys. 47.



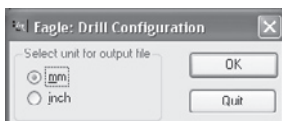
Rys. 48.

**Black** – powoduje wydruk czarno-biały. Jeżeli opcja jest odznaczona, to wydruk, w zależności od drukarki, jest kolorowy lub w różnych odcieniach szarości;

**Solid** – powoduje, że wszystkie elementy na wydruku są całkowicie wypełnione, bez względu na to, jaki został wcześniej ustalony wzór (wzór wypełnienia – *Fillstyle* możemy zmienić za pomocą funkcji *Change layer properties* w okienku *Display*).

Po prawej stronie okna dialogowego drukowania mamy możliwość zmiany skali wydruku oraz określenia liczby stron, na których wydruk ma się zmieścić. Pole *Page limit* jest priorytetowe, program próbuje umieścić wydruk na zadeklarowanej przez nas liczbie stron, a później dopiero zwraca uwagę na ustaloną skalę. Dzięki temu nie musimy dokładnie wyliczać skali, aby schemat lub płytkę zmieściła się na określonej kartce. Przykładowo, gdy dla strony A4 ustawimy limit liczby kartek na „1”, a skalę na odpowiednio dużą (powiedzmy 10), to program wydrukuję wszystko w maksymalnym powiększeniu, ale tak, aby się zmieściło na jednej kartce A4. Jeżeli zależy nam dokładnie na skali, to należy w pole *Page limit* wpisać wartość zero, a w pole *Scale factor* potrzebną skalę. Program będzie wtedy drukował w dokładnie określonej przez nas skali, na możliwie najmniejszej liczbie kartek.

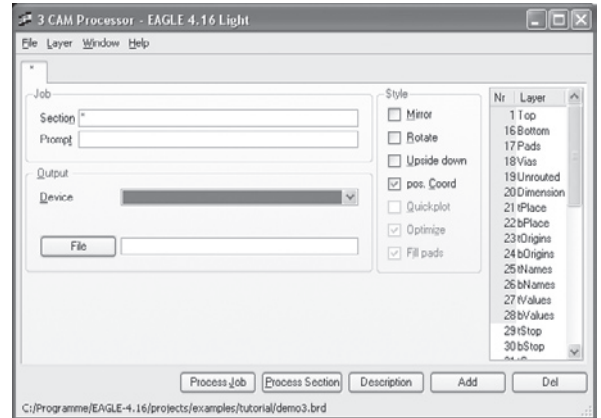
U dołu okna znajdziemy jeszcze przycisk *Page...* Gdy go klikniemy, otworzy się następne okienko dialogowe, w którym ustawimy poszczególne parametry kartki (rys. 48). W obszarze *Border* mamy możliwość zmiany szerokości marginesów, które pozostaną niezadrukowane. Wartości możemy wpisywać w milimetrach lub calach.



Rys. 49.

Jeżeli zmieniliśmy już którąś, a chcemy powrócić do ustawienia standardowego, wystarczy w określone pole wpisać „0”. Poniżej znajdują się kolejne dwa pola: *Vertical* oraz *Horizontal*. Za ich pomocą możemy określić położenie wydruku na stronie: po lewej, po prawej, na górze, na dole, lub po środku. Różne rozmieszczanie wydruku może być przydatne, gdy na jednej folii chcemy wydrukować kilkakrotnie, różne płytki. W polu *Calibrate* możemy dopasować drukarkę do wydruków dokładnie w skali 1:1. Jest to praktycznie niezbędne w przypadku drukowania na folii, za pomocą której będziemy naświetlać płytkę. Może się zdarzyć, że aby znaleźć odpowiednią wartość trzeba będzie wykonać kilka wydruków próbnych. Wartości możemy wpisywać z dokładnością do pięciu zer po przecinku. W polu X kalibrujemy kierunek, w którym przesuwają się głowica drukarki, natomiast w polu Y kierunek, w którym przesuwają się papier. Jeżeli zaznaczymy poniżej umieszczone okienko *Caption*, to do wydruku zostanie dołączona linijka z informacjami o wydruku: data, czas, skala oraz ścieżka, w której znajduje się plik. Także tutaj należy uważać na dołączoną informację o skali. Jest ona bowiem zaokrąglona do czterech miejsc po przecinku i wartość 1.0000 nie oznacza, że wydruk jest dokładnie w skali 1:1, lecz przykładowo w skali 1:1,000025. Może się zdarzyć, iż będziemy potrzebowali wydruku, na którym otwory w przelotkach oraz padach będą niewidoczne. Możemy je wyłączyć w menu *Options>Set...>Misc*. W polu *Display mode* należy wtedy zaznaczyć opcję *No Drills*.

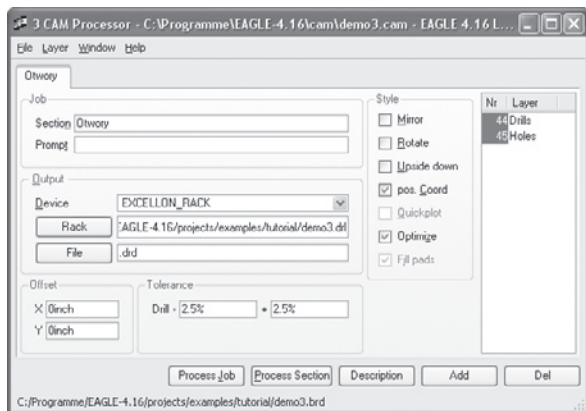
Opisane wcześniej funkcje drukowania płytki mogą być przydatne, gdy chcemy płytkę wytrawić samemu, domowym sposobem. Jeżeli jednak produkcję płytki zlecimy firmie wykonującej obwody drukowane, musimy dostarczyć jej odpowiednich, niezbędnych do tego plików. W zależności od firmy, wystarczy czasami przesłać plik z płytką z EAGLE-a (\*.brd). Jeżeli chcemy jednak, aby nasza płytkę wyglądała dokładnie, tak jak ją sobie wyobraziliśmy, musimy wygenerować dane w formacie gerbera. Obecnie szeroko roz-



Rys. 50.

powszechnym formatem danych dla fotoplottera jest Gerber-RS274X. Oprócz nich musimy wygenerować również pliki z danymi na temat otworów. Będą one niezbędne przy wierceniu płytki. Dla tych danych rozpowszechnił się format Excellon. Wszystkie wyżej wymienione pliki wygenerujemy przy pomocy zintegrowanego z pakietem CAM-processora. Jest on uruchamiany wprost z edytora płytki i generuje dane z pliku aktualnie otwartego w tym edytorze.

Otwórzmy plik *demo3.brd* znajdujący się w katalogu *...EAGLE-4.16\projects\examples\tutorial*. Wykonamy przykładową dokumentację produkcyjną dla tej właśnie płytki. Rozpocznijmy od wygenerowania plików dla wiertarki. Ponieważ na płytce znajdują się otwory o różnych średnicach, aby wiertarka „wiedziała” jakich ma użyć wiertel, musimy na samym początku utworzyć tzw. *Drill rack*. W pliku tym będą umieszczone informacje na temat średnic wiertel. Firma CadSoft udostępniła programik *drillcfg.ulp*, który generuje potrzebny nam *Drill rack*. Po jego uruchomieniu zostajemy zapytani, czy w pliku wynikowym średnice mają być określone w milimetrach czy też w calach (rys. 49). Ponieważ w Polsce przyjęty jest układ metryczny i łatwiej o wiertła, których średnica jest opisana w milimetrach, zaznaczamy mm. Po kliknięciu *OK* przechodzimy do następnego okna, w którym są umieszczone średnice niezbędnych dla danej płytki otworów. W zależności od płytki, liczba oraz średnice wiertel mogą być różne. Dane w okienku można edytować, wystarczy kliknąć myszą, po czym potrzebne zmiany wpisać z klawiatury. Jakikolwiek zmiany w tym oknie nie są jednak zalecane. Poza tym zostajemy ostrzeżeni, aby zmian dokonywać tylko wtedy, gdy jesteśmy pewni co



Rys. 51.

robimy („Edit only if you are sure what you do!”). Po przyciśnięciu OK musimy podać nazwę oraz ścieżkę, gdzie Drill rack ma zostać zapisany. Kliknijmy po prostu Save i plik zostanie zapisany w katalogu, w którym znajduje się aktualnie otwarta płytki. Plik przyjmie nazwę płytki oraz rozszerzenie \*.drl, czyli w naszym przypadku demo3.drl.

Gdy mamy już utworzony Drill rack, możemy uruchomić CAM processor. Klikamy na ikonkę CAM, zostaje otwarte okno główne, w którym dokonamy wszystkich niezbędnych ustawień (rys. 50). Jako pierwsze zmienimy nazwę aktualnej zakładki. W polu Section wpisujemy „Otwory”. Następnie musimy określić urządzenie wyjściowe, ponieważ aktualna sekcja ma służyć wygenerowaniu danych dla wiertarki, wybieramy jako Output Device EXCELLON\_RACK. Wygląd okna zmienia się w zależności od wybranego sterownika. Następnie po przyciśnięciu pola Rack wskazujemy wygenerowany wcześniej Drill rack (demo3.drl). W polu File należy podać nazwę pliku wynikowego, do którego mają zostać wpisane dane o otworach. Podajmy tylko rozszerzenie poprzedzone kropką (.drl). W ten sposób plik otrzyma nazwę aktualnej płytki i zostanie zapisany w katalogu, w którym się ona znajduje. Rozszerzenie \*.drl jest zalecane przez firmę CadSoft jako standardowe rozszerzenie plików z danymi o otworach. Kolejnym polem, które musimy wypełnić jest Tolerance. Określa ono maksymalne różnice pomiędzy faktyczną średnicą wiertła, a średnicą wpisaną w pliku Drill rack. Tutaj zalecaną wartością jest 2,5% w każdym kierunku, taką też wpisujemy. W polu Offset nie wprowadzamy żadnych zmian, służy ono do „przesunięcia” punktu zerowego, od którego obliczane są koordynaty poszczegól-

nych otworów. Kontrolki umieszczone w kolejnym polu Style mają identyczne działanie do kontrolki z menu drukowania. Mowa tutaj o Mirror, Rotate, Upside down. Kontrolka Pos. coord nie pozwala na umieszczeniu w pliku wynikowym otworów z ujemnymi współrzędnymi. Ponieważ ujemne koordynaty prowadzą do błędów, kontrolka ta musi być zawsze włączona. Ostatnią kontrolką jest Optimize. Służy ona do optymalizacji drogi, jaką będzie się poruszała głowica w czasie wiercenia płytki. Opcję tę należy również zawsze aktywować. Następnie w kolejności jest określenie płaszczyzn, z których zostaną pobrane dane. W przypadku otworów aktywujemy tylko płaszczyzny 44-Drills oraz 45-Holes. Żadna inna płaszczyzna nie może być aktywna! Najeżdżamy na okienko z płaszczyznami i zaznaczamy potrzebne nam 44 oraz 45. W menu Layer zaznaczamy opcję Show selected. W ten sposób w prawej części okna umieszczone są jedynie płaszczyzny aktywne. Aby wszystkie wprowadzone przez nas zmiany można było użyć również w przyszłości, zapiszemy je przy pomocy menu File Save Job... pod dowolną nową nazwą (przykładowo demo3.cam). Jeżeli nie popełniliśmy żadnego błędu, to okno CAM processora powinno teraz wyglądać tak jak na rys. 51.

Zakładkę służącą wygenerowaniu pliku z danymi o otworach mamy już gotową. Musimy utworzyć jeszcze kolejne zakładki, dzięki którym wygenerujemy pliki dla fotoplota. Klikamy na znajdujący się u dołu okna przycisk Add. Do aktualnej sesji CAM processora zostaje dodana nowa zakładka. Ma ona wszystkie ustawienia skopiowane z poprzedniej, musimy je jeszcze pozmieniać. Jako pierwsze zmienimy nazwę zakładki na „Góra”, ponieważ sekcja ta będzie się tyczyła miedzi z górnej strony płytki. Może się zdarzyć, że EAGLE nie będzie obsługiwać polskich liter, wtedy zamiast „ó” wpisujemy „o”. Następnie zmienimy urządzenie wyjściowe na GERBER\_RS274X. Format ten jest bardzo rozpowszechniony i praktycznie każdy zakład produkujący płytki sobie z nim poradzi. Jego główną zaletą jest to, że tabela z przesłonami jest zintegrowana

z plikiem wyjściowym. Dzięki temu nie musimy jej wcześniej generować oraz osobno dołączać do CAM processora. Nazwę pliku wynikowego zmienimy na „TOP#” (nie zapominajmy o kropce). Ustawienia Offset oraz Style pozostawimy bez zmian, czyli Offset jest ustawiony na zero, a w polu stylu aktywne jest tylko Pos. coord, Optimize oraz fill pads. Pozostało jeszcze aktywowanie niezbędnych płaszczyzn. Dla miedzi z górnej strony płytki są to: 1-Top, 16-Pads, 17-Vias. Wszystkie inne muszą być wyłączone! Aby nie było wątpliwości, które płaszczyzny są aktywne, podobnie jak w przypadku otworów zaznaczamy opcję Show selected w menu Layer.

Podobnie jak zakładkę „Góra” musimy dołożyć jeszcze parę innych, wszystkie będą miały jako Output Device ustawiony GERBER\_RS274X. Ustawienia offsetu oraz stylu pozostaną identyczne, niezmienione. Poniżej zostaną opisane w skrócie poszczególne zakładki:

- miedź z dolnej strony płytki Section: „Dół”, file: „BOT#”, aktywne płaszczyzny: 16-Bottom, 17-Pads, 18-Vias.
- maska lutownicza dla górnej strony płytki Section: „Maska lutownicza góra”, file: „LSTOP#”, tylko jedna aktywna płaszczyzna: 29-tStop.
- maska lutownicza dla dolnej strony płytki Section: „Maska lutownicza dół”, file: „LSBOT#”, tylko jedna aktywna płaszczyzna: 30-bStop.
- opis elementów umieszczonych na górnej stronie płytki (zakładka opcjonalna, jeżeli chcemy mieć opisaną płytkę) Section: „Opis elementów góra”, file: „PLTOP#”, aktywne płaszczyzny: 20-Dimension, 21-tPlace, 25-tNames.
- opis elementów umieszczonych na dolnej stronie płytki (zakładka opcjonalna, jeżeli chcemy mieć opisaną płytkę) Section: „Opis elementów dół”, file: „PLBOT#”, aktywne płaszczyzny: 20-Dimension, 22-bPlace, 26-bNames.
- szablon do nakładania pasty lutowniczej dla górnej strony płytki (zakładka opcjonalna, jeżeli mamy elementy SMD, które mają być lutowane automatycznie) Section: „Szablon góra”, file: „CRTOP#”, tylko jedna aktywna płaszczyzna: 31-tCream.
- szablon do nakładania pasty lutowniczej dla dolnej strony płyt-

ki (zakładka opcjonalna, jeżeli mamy elementy SMD umieszczone na dolnej stronie płytki, które mają być lutowane automatycznie) *Section*: „Szablon dół”, *file*: „CRBOT#”, tylko jedna aktywna płaszczyzna: 31-tCream.

Uff! To by było na tyle, mamy teraz jedną zakładkę dla otworów, oraz osiem następujących dla płytki. Czasami może się zdarzyć, że producent płytki będzie wymagał od nas, aby pliki zawierające dane z dolnej strony były odbiciem lustrzanym oryginału. Należy wtedy uaktywnić opcję *Mirror* dla odpowiednich zakładek (dół, maska lutownicza dół, opis elementów dół, szablon dół). Widok okna ze wszystkimi dziewięcioma sekcjami pokazano na **rys. 52**.

Zanim przystąpimy do uruchomienia *CAM processora* na wszelki wypadek zapiszmy jeszcze owoc naszej pracy (*File>Save job...*). Nie pozostało nam już nic innego jak kliknąć na przycisk *Process Job*. Uruchamia on program i tworzy 18 plików z danymi w katalogu, w któ-

Rys. 52.

rym znajduje się plik z projektem płytki. Zauważmy, iż znajdujący się w rozszerzeniu znak „#” zostaje zmieniony raz na literę „x” dla pliku z danymi gerbera, a drugi raz na „i” dla pliku z informacjami dodatkowymi. Wszystkie te pliki musimy wysłać do producenta płytki. Oprócz nich wyślemy jeszcze plik *demo3.drl* (*Drill Rack*) oraz stworzony przez nas plik tekstowy w którym powinny się znaleźć następujące informacje:

- typ oraz grubość materiału bazowego (np. FR4 1,5 mm),
- ilość oraz grubość warstw miedzi (np. płytka dwustronna CU 35 µm),
- objaśnienie znaczenia rozszerzenia plików z danymi (np. \*.TOPx – miedź górna strona płytki, \*.BOTx – miedź... itd. Dla wszystkich plików).

**inż. Henryk Wieczorek**  
**henrykwieczorek@gmx.net**

