

Spotkania z Protelem 99 SE



Spotkanie 8

Jak wspominałem na poprzednim spotkaniu, moim zadaniem jest przekonać Cię, że projektowanie płytek za pomocą Protela, na pozór bardzo skomplikowane i dziwne, w rzeczywistości jest lekkie, łatwe i przyjemne, ale pod warunkiem

pełnego zrozumienia kluczowych zasad.

Wszystko dlatego, że domyślne ustawienia Protela są dobre dla płytek z małymi elementami SMD, a nie z klasycznymi, przewlekanyymi elementami. Muszę Cię więc najpierw zapoznać

z filozofią, która legła u podstaw Protela i w tym kontekście zapoznać zarówno z wbudowanymi automatami, takimi jak *Autoplacer* i *Autorouter*, jak i mechanizmami bieżącej kontroli poprawności projektu.

Być może sądzisz, że Tobie nie są potrzebne automaty (*Autoplacer*, *Autorouter*), bo będziesz ręcznie projektować ścieżki na swoich niezbyt przecież skomplikowanych płytkach. Nie radziłbym jednak od początku odrzucać pomocy automatów. Chodzi o to, żebyś dobrowolnie nie zamknął sobie okna na szeroki świat i nie pozbawił możliwości dalszego rozwoju.

Tylko przy rysowaniu schematu wystarczy znajomość elementarnych zasad. Naprawdę niewiele wiedzy i jeszcze mniej doświadczenia wystarczy, by narysować prawidłowy schemat. Przy projektowaniu płytki jest znacznie trudniej. Projektowanie płytki to przeniesienie idei z rysunku na postać jak najbardziej realną, fizyczną. Kluczową sprawą jest rozmieszczenie elementów, a można to zrobić na tysiące i miliony sposobów. Na płytce na jednej lub kilku warstwach miedzi trzeba zaplanować punkty lutownicze (*Pads*), ścieżki (*Tracks*), wypełnienia (*Fills*), łuki (*Arcs*), wielokąty (*Polygons*), a w wielowarstwowych dodatkowo przelotki (*Vias*), płaszczyny zasilania (*Power Planes*), otwory do mocowania i pomocnicze elementy technologiczne. Dobra płytka ma nadruk (*Top Overlay*) ułatwiający montaż i późniejszą identyfikację elementów. Przy projektowaniu połączeń liczy się nie tylko zgodność ze schematem ideowym, ale też rozmieszczenie elementów na płytce. W wielu przypadkach trzeba uwzględnić rezystancję ścieżek (szerokość i przebieg), zwłaszcza masy, oraz wzajemny wpływ wytwarzanych pól elektrycznych i magnetycznych. W szybkich układach cyfrowych i w układach w.c.z. konieczne trzeba brać pod uwagę dodatkowe czynniki, nie tylko pojemności, indukcyjności i rezystancję miedzi, ale też właściwości materiału płytki (stała dielektryczna) i innych użytych materiałów izolacyjnych. Od tych parametrów silnie zależy właściwości trans-

misyjne, tłumienie, odbicia i oscylacje przy przesyłaniu bardzo szybkich sygnałów.

Projektant płytki drukowanej zawsze ma do wyboru niezliczoną ilość możliwości. Jego płytka może być zaprojektowana pod różnymi względami albo lepiej, albo gorzej. I trzeba bezlitośnie stwierdzić: **nie ma płytek idealnych.**

Płytką zawsze jest odzwierciedleniem lepszych lub gorszych umiejętności autora, a zwykle jest też efektem licznych kompromisów, że wymienię tylko kompromis między starannością dopracowania szczegółów, a szybkością zrealizowania projektu.

We wcześniejszych latach projektowanie płytek drukowanych niewątpliwie było sztuką, a nie rzemiosłem. Projektant musiał sam wszystko przewidzieć, zaplanować i wykonać. Dziś coraz więcej zadań biorą na siebie automaty, dokładniej - specjalizowane programy do projektowania. Protel ma na przykład wbudowany *Autoplacer* do automatycznego rozmieszczania elementów i *Autorouter* do automatycznego prowadzenia ścieżek. Nie znaczy to, że wszystko można i warto wykonać automatycznie. Wbudowane w Protela automaty mają poważne ograniczenia, o czym się wkrótce przekonasz. Na pewno błędem byłoby, gdybyś od początku próbował wszystko zrealizować automatycznie. Ale jeszcze gorszym błędem byłoby, gdybyś chciał po staremu projektować płytki wyłącznie „na piechotę”, na podstawie odrębnego schematu ideowego. Na pewno trzeba korzystać z netlisty i automatycznie „wrzucać” elementy na płytke, czy raczej obok płytki.

Później, w przypadku płytki z niewielką liczbą podzespołów, możesz sobie pozwolić na luksus ręcznego rozmieszczenia elementów i ręcznego poprowadzenia ścieżek. W przypadku bardziej złożonych projektów ręcznie rozmieścisz na płytce tylko kluczowe elementy – na przykład złącza czy gniazda,

które muszą zostać rozstawione w ściśle określonych miejscach. Pozostałe elementy umieści *Autoplacer*, a *Autorouter* zaprojektuje potem wszystkie ścieżki. Ingerencja człowieka (czyli Twoja) w bardzo skomplikowaną płytkę polegać będzie na końcowych poprawkach i kosmetyce.

Zarówno metoda ręczna, jak i automatyczna mają swoje mocne i słabe strony. Projektowanie ręczne daje pełną kontrolę nad projektem, co przy odpowiednim podejściu gwarantuje ładny przebieg ścieżek i przemyślane rozmieszczenie elementów. Jest to jednak metoda czasochłonna – czas projektowania gwałtownie rośnie wraz ze stopniem skomplikowania układu. Istnieje granica, powyżej której ręczne projektowanie naprawdę nie ma sensu. Jeśli układ ma zawierać dziesiątki elementów, ręczne projektowanie wszystkiego jest nieopłacalne; gdy chodzi o setki elementów – jest absolutnie niemożliwe, bo trwałoby wieki.

Projektowanie z użyciem automatów znakomicie oszczędza czas. Jednak zlecenie wszystkiego automatuwi zazwyczaj oznacza przedziwne rozmieszczenie elementów i zaskakujące poprowadzenie ścieżek. Często algorytmy projektowe dają tak osobliwe wyniki, że uznasz je za niedopuszczalne. Sam się o tym przekonasz, zlecając Protelowi zaprojektowanie nawet stosunkowo prostych płytek.

Ci, którzy mają przyzwyczajenia z dawnych lat, są skłonni do w pełni ręcznego rozmieszczania elementów i trasowania ścieżek (ja też zauważam u siebie takie skłonności), a młodzi i najmłodszy chcą korzystać tylko z automatów. Nie trać czasu na całkowicie ręczne projektowanie, ale też nie ufaj w pełni automatom. Znajdź złoty środek. Problem w tym, że nie sposób szybko określić, gdzie ten złoty środek leży. Dużo zależy od stopnia skomplikowania układu. Sytuacja jest poniekąd paradoksalna: czym bardziej złożony jest układ, tym więcej trzeba korzystać z automatu.

Czym prostsza płytki, tym więcej można i warto projektować ręcznie. Warto być otwartym i eksperymentować, żeby wypracować indywidualny styl pracy, a nie od razu „skostnieć na z góry upatrzonych pozycjach”. W każdym przypadku nie wystarczy nauczyć się podstaw obsługi programu. Trzeba uwzględnić przynajmniej dwie różne sprawy:

- znajomość możliwości Protela,
- kompromis między elegancją płytki a czasem projektowania.

Mimo częściowej automatyzacji projektowanie płytek nadal pozostaje sztuką. Może nie bardzo trudną, ale na pewno sztuką. Potrzebnych umiejętności na pewno nie można osiągnąć przez przeczytanie kilku artykułów czy książki. Trzeba ćwiczyć, próbować i stopniowo wypracować sobie własny styl pracy. Chcąc osiągnąć mistrzostwo, a przynajmniej satysfakcjonujące wyniki, trzeba być otwartym i eksperymentować. Koniecznie trzeba też dobrze poznać filozofię, jaką kierowali się twórcy Protela. Ogromnie ważną rolę odgrywają w tym reguły projektowania - (*Rules*).

Rules, czyli reguły

Jak już wiesz, Protel zawiera szereg reguł projektowych (*Rules*), które musi spełnić dany projekt – na pierwszym spotkaniu zagłędaliśmy do tych reguł (**D – R**). Reguły te trzeba starannie przeanalizować i ustawić stosownie do potrzeb. Wtedy Protel będzie pilnował poprawności wszystkich szczegółów, co naprawdę jest ogromnie wygodne.

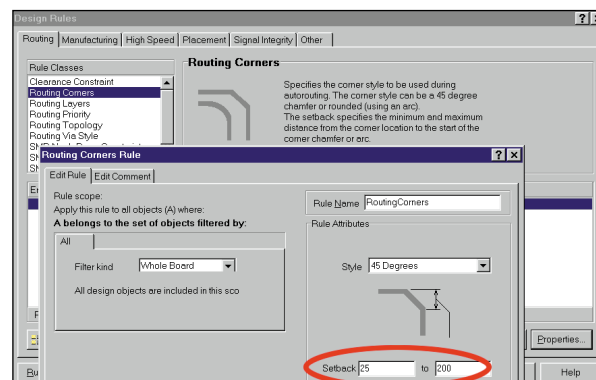
Niestety, domyślne ustawienia tych reguł, występujące po instalacji, są dobrane bardzo niestarannie, przez co podczas projektowania płytki Protel zupełnie niepotrzebnie sygnalizuje mnóstwo błędów i konfliktów. Jeśli masz świeżo zainstalowanego Protela, upewnij się, że jego twórcy świadomie czy niechcący ogromnie utrudnili początkującym projektowanie płytek. Ustawienia niektórych reguł są wręcz wewnętrznie sprzeczne. Trzeba z tym zrobić porządek. Poleceniem **D – R** (*Design, Rules*) otwórz okno z wieloma zakładkami i regułami. Wiele z nich dotyczy skomplikowanych projektów z szybkimi układami. My na szczęście na razie będziemy wykorzystywać tylko niewielką część reguł. Na razie interesują nas dwie zakładki: *Routing* i *Placement*.

Kliknij zakładkę *Routing* i zaznacz na niebiesko pierwszą regułę, czyli *Clearance Constraint* i kliknij przycisk *Properties*. Otworzy się okno tej reguły. Chodzi o odstęp między punktami i ścieżkami. Minimalny odstęp 12 milsów jest prawidłowy - nie zmieniaj go, tylko kliknij OK. Zaznacz następną regułę (*Routing Corners*). Możesz wybrać styl - pozostaw *45Degrees*. Zmień natomiast wartości w obu okienkach *Setback* na 25 oraz 200, jak pokazuje rysunek 18.

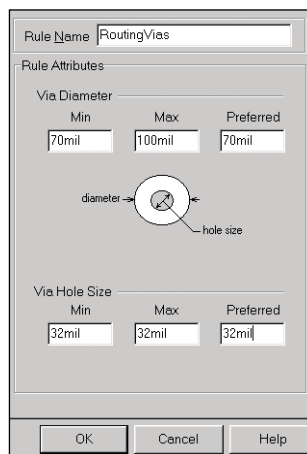
Po kliknięciu OK zaznacz następną regułę (*Routing Layers*) i otwórz jej okno, klika-

jąc *Properties*. Ponieważ płytki ma być jednostronna, wyłącz warstwę *Top Layer*, wybierając *NotUsed*, a po przewinięciu na dół dla warstwy *BottomLayer* wybierz *Any*. Zaznacz, klikając OK.

Rys. 18

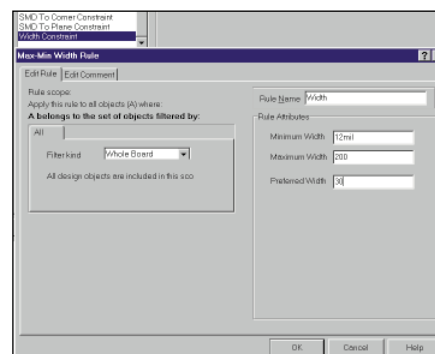


Reguły *Routing Priority*, *Routing Topology* i reguły SMD nie zmieniaj. W regule *Routing Via Style* zmień średnicę na 70mil, a otwór na 32mil (0,8mm), jak pokazuje rysunek 19.



Rys. 19

Rys. 20



Koniecznie zmień bezsensowne wartości reguły *Width Constraint* dotyczącej szerokości ścieżek (*Minimum* - 12, *Maximum* - 200mil, *Preferred* - 30mil), jak pokazuje rysunek 20.

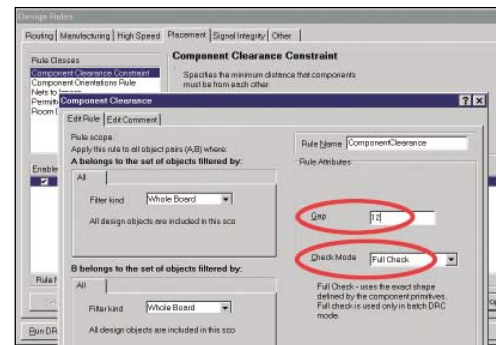
Reguły z zakładki *Manufacturing*, *High Speed*, *Signal Integrity* oraz *Other* nie musisz dotykać.

Na zakładce *Placement* (umieszczanie elementów) koniecznie zmień jedną regułę: *Component Clearance Constraint*. Zwiększ minimalny odstęp między elementami (*Gap*) do 12 milsów lub więcej, a sposób sprawdzania (*Check Mode*) z szybkiego na pełny - *Full Check*, jak pokazuje rysunek 21.

Rozsądne ustawienie reguły (*rules*) znakomicie pomoże Ci podczas pracy, bo będzie sygnalizować rzeczywiste błędy i kolizje i nie dopuści do powstania błędów.

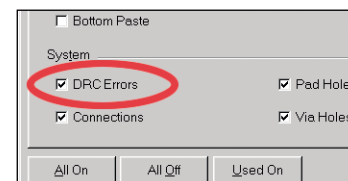
Podkreślam to bardzo mocno: jeśli nie zrozumiesz w pełni omawianego tu zagadnienia ustawiania reguły, szybko się zniechęcisz i potem zechcesz wyłączyć sygnalizację nieprawdopodobnej ilości błędów. Nie

wyłączaj sygnalizację błędów, wprost przeciwnie – upewnij się, że jest włączona (**D – O**, zakładka *Layers*, *DRC Errors*), jak pokazuje rysunek 22.



Rys. 21

Rys. 22



A teraz już możemy wziąć się za projektowanie płytki do omawianego wcześniej nietypowego generatora przebiegu sinusoidalnego. Wszystkie potrzebne pliki zawarte są w projekcie **GenSin1.ddb** umieszczonym na naszej stronie internetowej w postaci spakowanej. Możesz wykorzystać wcześniejszy projekt **GenSin0.zip**, gdzie też znajdziesz potrzebny schemat. Na **rysunku 23** przypominał ten schemat. Niewiele elementów, tylko dwa układy scalone, więc płytki będzie niewielka - niech ma wymiary 50x35mm. Oczywiście będzie to płytki jednostronna.

Teraz dla wprawy, zgodnie ze wskazówkami opisanymi w poprzednim odcinku, zrób dwie płytki: jedną za pomocą kreatora (PCB Wizard), drugą ręcznie. Oczywiście chodzi

w sumie tylko o obrys w warstwie *KeepOut-Layer*. Pracujemy w mierze calowej, więc od razu przeliczmy wymiary na milsy:

$50\text{mm} * 39,37 = 1968,5\text{mil}$

zaokrąglamy do 1975 milsów.

$35 * 39,37 = 1377,95\text{mil}$

zaokrąglamy do 1375 milsów.

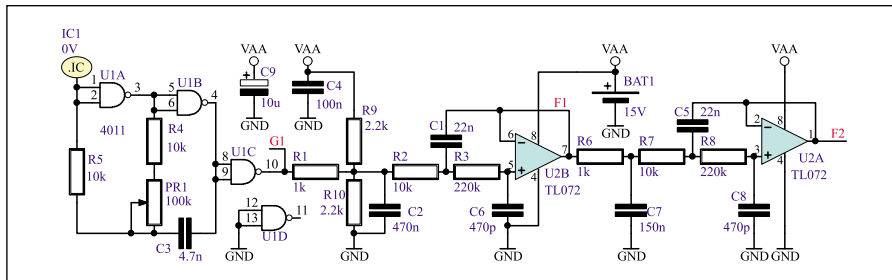
W kreatorze podaj odstęp *Keep Out Distance From Board Edge* równy zeru, co program przyjmie po komunikacie ostrzegawczym. Przy ręcznym rysowaniu obrysu nie zapomnij umie-

ścić dolnego lewego rogu płytki w punkcie o współrzędnych 2000, 2000 lub 1000, 1000.

Ja zmieniłem nazwy obu płytek na *GenReczna.PCB* i *GenWizard.PCB*.

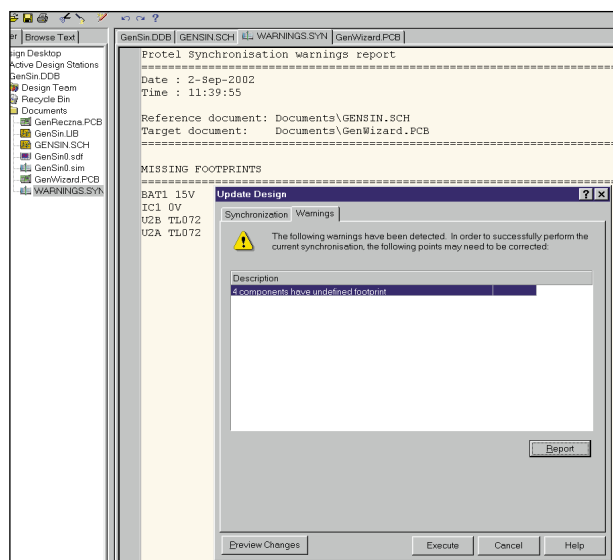
Ponieważ płytka będzie jednostronna, konieczne musimy użyć „tłuszcieszych” elementów z odpowiedniej biblioteki „płytkowej”. Czy zgodnie z moją prośbą stworzyłeś już taką bibliotekę?

Jeśli nie, we wspomnianym projekcie **GenSin1.ddb** umieszczonym, na naszej stronie internetowej znajdziesz potrzebną bibliotekę.



Rys. 23

Rys. 24



Oddzielnie dostępna jest też w projekcie **Libtrax.ddb**, umieszczonym również w spakowanej postaci na naszej stronie internetowej.

Mając na ekranie pusty projekt płytki, w lewym panelu kliknij zakładkę *Browse*, wybierz z listy *Libraries* i za pomocą przycisku *Add* dodaj bibliotekę **Libtrax.ddb**. Ja potem (z pewnymi oporami) usunąłem domyślną bibliotekę Protela i pozostawiłem tylko swoją – *Libtrax.lib*. Ty nie musisz tego robić.

Otwórz schemat ideowy generatora (*GENSIN.SCH*) i spróbuj załadować na płytkę *GenWizard.PCB* elementy schematu poleceniem **D-P** (*Design, UpdatePCB*).

W dolnej części otwartego okna odznacz od razu dwa okienka w ramce *Classes*, bo nie korzystamy z tzw. klas. Zwróć uwagę, że u góry pojawiła się zakładka *Warnings*, czyli ostrzeżenia. Kliknij ją i przekonaj się, w czym problem. Komunikat brzmi: *4 components have undefined footprint*, co oznacza, że program nie może znaleźć elementów biblioteki „płytkowej” dla czterech elementów. Możesz kliknąć *Preview Changes*, ale ja radzę Ci kliknąć *Report*, i wtedy po niewielkim odsunięciu okna przekonasz się, czego brak. Pokazuje to **rysunek 24**.

Brak obudów wzmacniacza operacyjnego U1, baterii BAT1 oraz elementu IC1. Uzupełnij od razu **na schemacie** dane dotyczące U1: podwójnie kliknij każdy ze wzmacniaczy i w polu *Footprint* wpisz **U8** (bo taką nazwę ma obudowa w bibliotece *Libtrax*). A tak przy okazji: jest to sygnał, że w bibliotece „schematowej” trzeba koniecznie uzupełnić informacje o obudowie kostki TL072 i podobnych.

Tu od razu usuń kolejną trudność: w każdej z czterech bramek U1 zmień obudowę z DIP-14 na U14.

Znacznik IC1 to nie element płytki, tylko znacznik ustalający warunki początkowe do symulacji. Możemy go zignorować lub usunąć ze schematu. Ja go usunąłem.

Podwójnie kliknij na symbolu baterii. Na płycie nie będzie wprawdzie baterii, ale potrzebne będą punkty do dołączenia przewodów. Wykorzystajmy tu jakkolwiek pasujący element z biblioteki „płytkowej”, na przykład rezystor. W polu *Footprint* wpisz **R4**.

Zwróć uwagę, że na schemacie nie ma punktu wyjściowego, skąd będziemy odbierać czysty sygnał sinusoidalny. W zasadzie powinniśmy dodać do schematu taki punkt, tworząc stosowny element biblioteki schematowej. W wolnej chwili dodaj taki element (np. o nazwie P), a na razie pójdziemy na skróty i ręcznie umieścimy na płycie dodatkowy punkt. Przy okazji zobaczymy, jak Protel na to zareaguje.

Piotr Górecki

Ciąg dalszy w kolejnym numerze *EdW*.