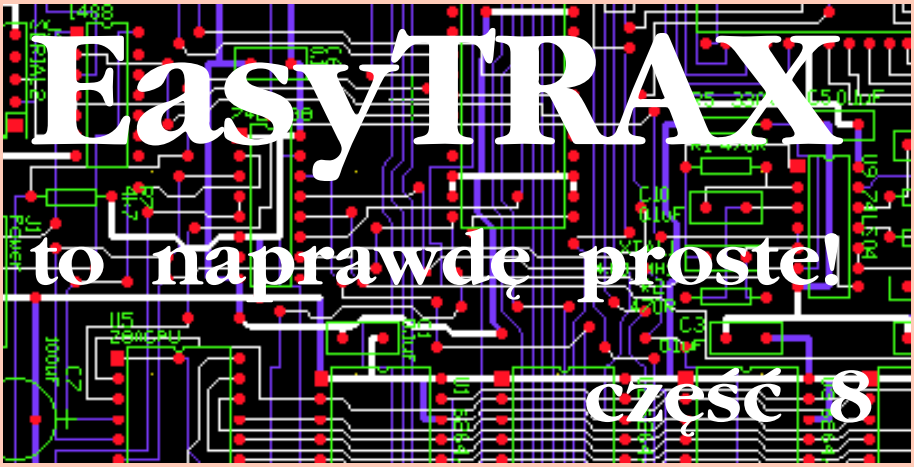
To już ostatni odcinek omawiający wykorzystanie programu Easyedit. W następnym odcinku zajmiemy się omówieniem działania programu Easyplot.



Korekta położenia elementów

Mając już sytuację odpowiadającą z grubsza wczytaniu netlisty, powinieneś sensownie rozmieścić elementy. Pomocą będą poprowadzone ścieżki. Powinieneś tak rozmieścić elementy, żeby jak najmniej ścieżek się przecinało. Potem ostatecznie uporządkujesz przebieg ścieżek. Wykorzystaj więc polecenie Move Component z włączoną opcją ciągnięcia wszystkich ścieżek (opcję włączasz z menu głównego "S" "O" "D" "A" "esc"). Zwróć uwagę, że wcześniej, przy wstępnym prowadzeniu ścieżek, *zalecałem Ci rysowanie rysowanie linii prostych*. Jeśli przedobrzysz i wstępny projekt będzie zawierał dużo ścieżek łamanych, to teraz przy przesuwaniu elementów narobisz takiego bałaganu, że szybko się w nim pogubisz.

Podczas przesuwania elementów może mimo wszystko powstać pewien bałagan. Nie wystarczy odświeżyć ekran poleceniem "F9", prawdopodobnie, żeby uzyskać najkrótsze połączenia zgodne z netlistą, będziesz musiał co jakiś czas zmienić przebieg niektórych ścieżek poleceniami "M""D" lub nawet skasować i ponownie narysować niektóre połączenia.

Przy tej pracy będziesz korzystał z poleceń menu Move, szczególnie "M" "C". Pomału też będziesz już planował przebieg ścieżek. Dopóki jednak ostatecznie nie ustawisz elementów, nie staraj się się prowadzić ścieżek "na gotowo". W tej fazie najlepiej jest, gdy ścieżki mają jak najmniej załamań.

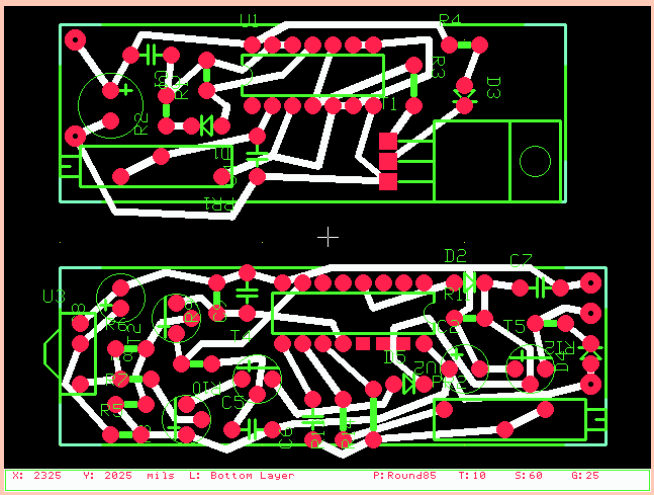
W Autotraxie, przy korzystaniu z netlisty w tej fazie pracy, na ekranie nie ma oczywiście jeszcze ścieżek, a porządkowanie sieci podczas przesuwania elementów wykonuje się poleceniem "N" "O" "A" "Y" "S" "esc".

Sensowne rozmieszczenie elementów z pewnością zabierze Ci sporo czasu. Nie uważaj, że istnieje jeden, optymalny sposób ustawienia elementów na płytce. Na pewno dobrych rozwiązań jest co najmniej kilka.

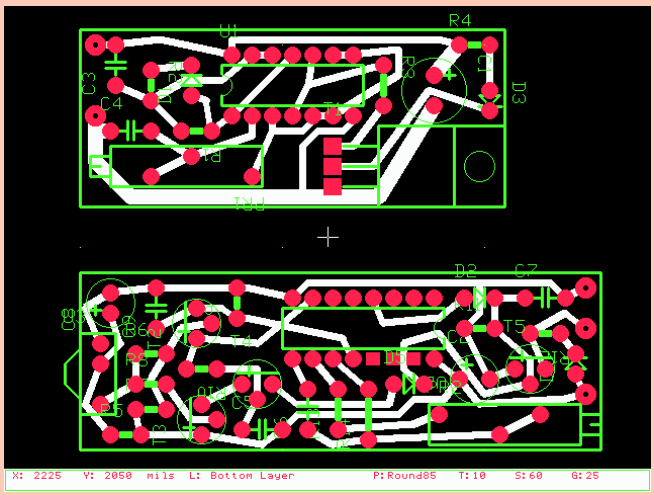
Przy przesuwaniu elementów możesz na próbę wyłączyć warstwę Overlay, aby ocenić efekty swej pracy (gdy czynną warstwą jest BottomLayer wykonaj "S" "T" "O" "enter" "esc"). Jednak bez warstwy Overlay przesuwanie elementów jest trudne, bowiem prawdopodobnie pogubisz się w plątaninie ścieżek i punktów.

Pomyśl też, czy przy tej pracy nie warto poleceniem "F" "S" zapisywać poszczególnych faz projektu jako oddzielnych rysunków, np. IRED1.PCB, IRED2.PCB, IRED3.PCB...itd (IRED to skrót od infrared - podczerwień). Gdybyś w pewnym momencie doszedł do wniosku, że zabrnąłeś w ślepą uliczkę, zawsze możesz powrócić do wcześniejszej wersji ładując odpowiedni rysunek poleceniem "F" "L". Ja kiedyś tak robiłem, ale obecnie już nie stosuję takich środków ostrożności. Kiedyś, przy złożonych układach, zdarzało mi się po kilku godzinach pracy "wejść w taki kanał", że musiałem wracać do dużo wcześniejszej fazy projektu. Nie łudź się także, że skomplikowaną płytkę zaprojektujesz przez godzinę. Niektóre projekty powstają przez kilka dni. Rozłożenie pracy w czasie ma zresztą liczne zalety, bo za każdym razem podchodzisz do projektu ze świeżą głową.

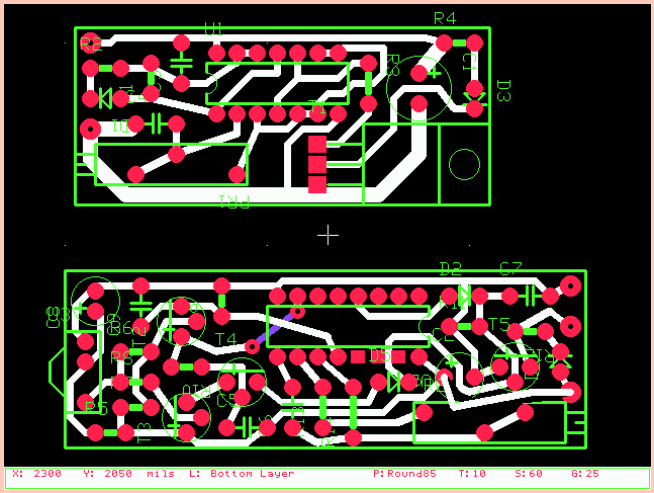
Być może właściwe ustawienie elementów wyda Ci się szalenie trudnym zadaniem. W rzeczywistości nie jest to takie straszne. Trzeba mieć tylko trochę cierpliwości i nauczyć się myśleć z wyprzedzeniem, żeby przewidzieć, jakie korzyści i wady da przesunięcie danego elementu. Z czasem nauczysz się pewnych chwytów i nabierzesz wprawy. Właściwego rozmieszczania elementów



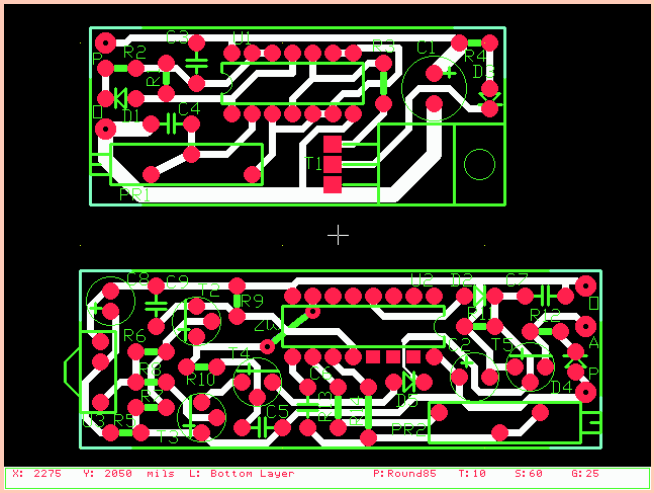
Rys. 27a. Kolejne fazy projektowania płytki.



Rys. 27b. Kolejne fazy projektowania płytki.



Rys. 27c. Kolejne fazy projektowania płytki.



Rys. 28. Gotowa płytka drukowana.

nie da się nauczyć "na sucho". Musisz po prostu spróbować swoich sił. Nawet gdy już nabierzesz wprawy, ta część pracy będzie bardzo czasochłonna. Najprawdopodobniej nie unikniesz zwór w płytkach jednostronnych, ale z czasem będzie ich coraz mniej.

Ja ze swej strony mogę Ci podać tylko garść ogólnych wskazówek, resztę wypracujesz pomału sam.

Pamiętaj o podanej wcześniej zasadzie, żeby pracować ze skokiem kursora równym 25 milsów. Wiedz, że pomiędzy standardowymi punktami Round85 oddalonymi o 150mil (np. rezystor R1.5) możesz śmiało prowadzić standardową ścieżkę o szerokości 30mil.

Na pewno w tej fazie zechcesz zmienić niektóre elementy na podobne, ale o innym rozstawie punktów lutowniczych. Na przykład rezystor R1.5 na R2, czy R3, kondensator CE6 na CE6A, itp.

Jeśli w czasie projektowania płytki zmuszony będziesz zmienić schemat ideowy, to powinieneś też zmodyfikować netlistę, żeby była zawsze aktualna.

Minimalna odległość między sąsiadującymi rezystorami mierzona jako rozstaw ich punktów lutowniczych powinna wynosić 125 milsów, czyli 5 skoków kursora (1 skok = 25mil). Możliwe jest też zmontowanie szeregu rezystorów MŁT0,25W na stojąco przy odstępie 100mil, ale wtedy należy ustawiać je, powiedzmy - na przemian. Przy kondensatorach powinieneś uwzględnić ich szerokość - dla kondensatorów stałych o pojemności do 100nF wystarczy odstęp równy 150mil.

Nie zapominaj, że możesz prowadzić ścieżki pomiędzy punktami odległymi o 100mil, na przykład między sąsiednimi nóżkami układu scalonego. W tym celu musisz zmienić punkt lutowniczy na Square62 i zastosować ścieżkę o szerokości 15mil. Tak wąskich ścieżek używaj jednak tylko w razie konieczności, normalnie stosuj ścieżkę 30mil.

Do prowadzenia ścieżki masy i zasilania używaj ścieżek szerszych, nawet 75 i 100mil. To nigdy nie zaszkodzi, a niekiedy może zapobiec kłopotom.

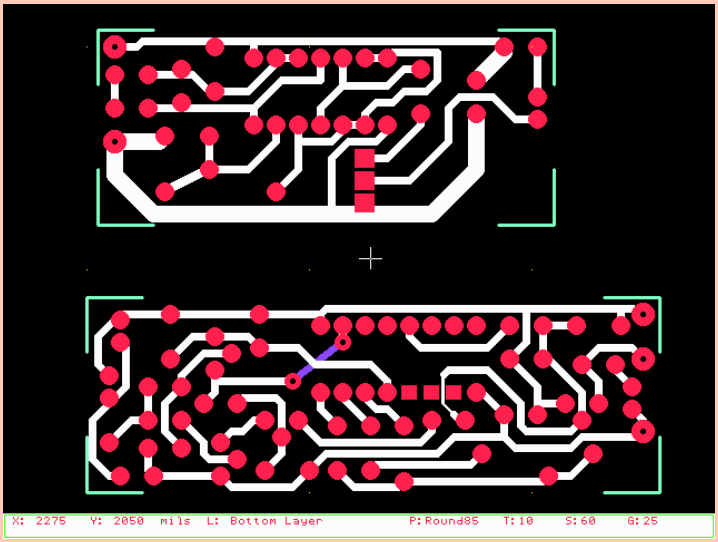
Naucz się omijać sąsiednie połączenia. Porównaj poszczególne fazy pracy pokazane na **rysunku 27** i **rysunek 28**, który przedstawia gotowy układ druku. Zobacz, ile skrzyżowań udało się bezkolizyjnie rozwiązać. Konieczna okazała się tylko jedna zwora!

W codziennej praktyce nie jest tak dobrze. Schemat ideowy, z którego korzystasz, został przeze mnie wcześniej starannie przygotowany. Jeśli sam od początku wykombinujesz jakiś układ, albo też skorzystasz z czyjegoś gotowego schematu, będziesz z pewnością musiał dokonać szeregu zmian i modyfikacji. Dotyczy to zwłaszcza wykorzystania poszczególnych bramek, a niekiedy nawet będziesz musiał nieco zmienić schemat ideowy. Na przykład ja w trakcie wstępnych przygotowań zmieniłem kolejność elementów D4, R12 oraz sposób włączenia kondensatora C3 - pierwotnie był on dołączony do masy. Ponadto dopiero w fazie projektowania płytki zdecydowałem się na wykorzystanie nóżek 4 i 7 układu scalonego U2 - wcześniej planowałem podłączyć się do nóżek 6 i 5. W konsekwencji musiałem też zmienić pojemność kondensatora C6.

Nie zapominaj o zasilaniu układów scalonych. Często na schemacie ideowym nie zaznacza się koncówek zasilania, ale muszą one być uwzględnione przy tworzeniu netlisty. Na naszym schemacie ideowym (rys. 20) przypominają o tym strzałki oznaczone VDD i VSS. Takich oznaczeń używa się standardowo do oznaczania napięć zasilających układy CMOS. Natomiast zasilanie układów rodziny TTL oznacza się zwykle VCC i GND. Przy zasilaniu napięciem symetrycznym stosuje się najczęściej oznaczenia V+, GND i V- albo VCC, GND, VEE. Dla Ciebie, wykorzystującego tylko Easytraxa nie ma to większego znaczenia, ale jeśli wykorzystywałbyś program do rysowania schematów ideowych, np. Orcada, musisz to uwzględnić, żeby nie narobić bałaganu. W tym miejscu powinieneś się domyślić, dlaczego usunąłem dwa dławiki zasilające z dodatniej szyny zasilania. Na ten problem "natniesz się", jeśli będziesz generował netlistę za pomocą programu typu *schematic*.

Pamiętaj, że jeśli Twoja płytka, wbrew moim zaleceniom, będzie mieć pełny obrys technologiczny wykonany ścieżką 10mil także w warstwie BottomLayer, wtedy musisz zwracać uwagę, żeby nie umieszczać elementów, ścieżek i punktów zbyt blisko krawędzi płytki, bo zostaną one zwarte tą ścieżką. Minimalny odstęp wynosi około 12 milsów, a przy obwodach sieci 220V - 150 milsów!

Innym ważnym zagadnieniem są punkty lutownicze przeznaczone do przylutowania przewodów. Masz do wyboru przynajmniej trzy możliwości. Najgorsza to wprowadzenie ich na płytkę poleceniem "F1". Program traktuje je jako wolne punkty i przy ich przesuwaniu dołączone ścieżki nie są przesuwane wraz z punktami. Lepszą możliwością jest wykorzystanie przelotek o odpowiedniej średnicy - wtedy ścieżki są przesuwane wraz z nimi - tę wersję zastosowałem na naszej płytce. Jeszcze inną interesującą opcją jest umieszczenie zarówno na schemacie ideowym, jak i na płytce elementów o nazwie PUNKT czy P. Ja mam element biblioteczny P - punkt o średnicy 100mil. Jednak to ostatnie rozwiązanie ma swoje złe i dobre strony. Dobre, bo przy korzystaniu z netlisty, program "pilnuje" także tych punktów. Natomiast nie jest to do końca naturalne, bo przecież nie są to oddzielne elementy, a jako takie pojawią się przy automatycznym tworzeniu listy elementów (zazwyczaj jest to polecenie, lub w przypadku pakietu Easytrax, oddzielny program o nazwie BOM.EXE - Bill Of Material).



Rys. 29. Wygląd ekranu po uporządkowaniu ścieżek.

Jeśli nie do końca zrozumałeś o co tu chodzi, nie przejmuj się - zacznij projektować własne płytki - szybko napotkasz problemy i wtedy z pełną świadomością skorzystasz z powyższych uwag.

Ostateczne prowadzenie ścieżek

Jeśli zdecydujesz się wreszcie na rozmieszczenie elementów i będziesz miał jasność, jak przebiegać mają ścieżki, kolejnym krokiem będzie ostateczne poprowadzenie ścieżek. Wykorzystasz w tym celu polecenia z menu MOVE, w szczególności rozkaz "M" "R", "M" "B" i "M" "D". Wyłącz więc warstwę Overlay, ustaw skok kursora równy 25mil i weź się do pracy. Na koniec ekran może wyglądać tak, jak na **rysunku 29**. Zauważ, na tym rysunku (i na innych moich płytkach) prawie wszystkie ścieżki są załamywane pod kątem 45°, a nie od razu pod kątem 90°. Nie jest to surowa zasada, tylko moje przyzwyczajenie. Wydaje mi się, że tak załamane ścieżki tworzą po prostu ładniejszy rysunek. Natomiast zdecydowanie nie polecam Ci załamywania ścieżek pod kątem innym niż 45 lub 90° - niektóre stare fotoplotery mają kłopoty przy rysowaniu takich ukośnych ścieżek i zamiast gładkiej linii malują... schodki.

Dawniej, przy projektowaniu płytek dwustronnych (ściślej dwuwarstwowych) obowiązywała zasada, żeby wszystkie ścieżki na jednej stronie przebiegały równolegle do siebie. Jest to może i dobra zasada, ale ty nie musisz się nią specjalnie przejmować. Zalecenie to wynikało nie tylko ze względów estetycznych; dbano też, żeby przy lutowaniu na tzw. fali (czyli gdy taśma produkcyjna z płytkami przechodzi po powierzchni roztopionej cyny), ścieżki na stronie lutowania (BottomLayer), były równoległe do kierunku ruchu taśmy. Zapobiegało to w pewnym stopniu tworzeniu zwarć.

Wiem, że niekiedy, a może zawsze będziesz wiercił i malował płytki ręcznie. Nie stosuj wtedy za dużo ścieżek o szerokości 15mil, bo będziesz miał ogromne kłopoty z odręcznym narysowaniem ich na płytce. Możesz natomiast śmiało przeprowadzać ścieżkę między nóżkami układu scalonego - namalowanie tego nie jest wcale takie trudne.

Pamiętaj, że obraz na ekranie możesz bardzo powiększyć, ale potem będziesz musiał namalować to ręcznie; nie zapominaj, że 25 milsów to jedynie 0,635mm, a 5mil to 0,127mm.

Gdy więc będziesz wykonywał płytki ręcznie, zawsze pracuj ze skokiem kursora 25mil lub nawet 50mil.

Jeśli Twoje płytki będą wykonywane w warsztacie produkcyjnym metodą sitodruku, wtedy być może na etapie ostatecznego trasowania ścieżek zajdzie potrzeba zmienić skok kursora na 5mil. Jest to potrzebne na przykład wtedy, gdy musisz przeprowadzić kilka ścieżek pod jakimś elementem. Wtedy jedynym wyjściem może być użycie ścieżek o szerokości 15mil i zostawienie między nimi odstępu o szerokości również 15mil. Niekiedy, żeby uzyskać odstępy izolacyjne między ścieżkami czy punktami nie mniejsze niż 12mil, trzeba przesunąć jakiś element o 5 lub 10 milsów (najczęściej warto przy tym zmienić opcję ciągnięcia ścieżek na "S" "O" "D" "AskForDrag" "esc".

Tylko w takich nielicznych przypadkach, i to wyłącznie w ostatniej fazie projektowania, praca ze skokiem 5mil może być uzasadniona. Generalnie, za wszelką cenę unikaj skoku innego niż 25mil, bo później porządkowanie ścieżek po przesunięciu elementów będzie wymagać koszmarnie dużo pracy.

Na naszej płytce nie zastosowaliśmy pełnego obrysu w warstwie BoardLayer, i mogliśmy sobie pozwolić, żeby ścieżki przebiegały blisko krawędzi. Gdyby obrys był pełny należałoby na przykład przesunąć ścieżkę łączącą rezystor R5 z drugą nóżką układu U3, bowiem ścieżka ta przebiega zbyt blisko obrysu w warstwie Board Layer. Jednak ponieważ planujemy wiercić i malować płytki ręcznie, nie musimy tego poprawiać.

Przy projektowaniu płytek jednostronnych nie unikniesz zwór. Umówiliśmy się wcześniej, że zwory będziemy zaznaczać w warstwie TopLayer.

Mylisz się, jeśli uważasz że nie potrzeba zaznaczać zwór w warstwie TopLayer, a wystarczy zaznaczyć je w warstwie Overlay. Po pierwsze będzie to konieczne przy sprawdzaniu płytki, a po drugie - wyrabiaj sobie zdrowe przyzwyczajenia na przyszłość.

Zwory (i niezbędne przelotki) możesz wykonać na dwa sposoby. Albo przy korzystaniu z polecenia "F3", rysując kolejne odcinki ścieżki zmienisz warstwę czynną z BottomLayer na TopLayer i z powrotem na BottomLayer. Musi być przy tym włączona opcja Via Mode Auto ("S" "O" "V" "enter" "esc").

Albo, przy czynnej warstwie BottomLayer, umieścisz na ścieżce dwie przelotki ("P" "V") i przeniesiesz odcinek ścieżki między nimi do warstwy TopLayer poleceniem "E" "T" wybierz ścieżkę "enter" "L" "T" "esc". Takie przelotki powinny mieć średnicę 70mil, bowiem średnica 85mil nie jest dostępna.

Prowadzenie ścieżek i niezbędna kosmetyka z pewnością również zajmą sporo czasu; dla sprawdzenia, na koniec warto zobaczyć jak wyglądają same ścieżki, wyłączając dodatkowo warstwę Multilayer.

W Easytraxie musisz ścieżki poprowadzić ręcznie. W zaawansowanych programach teoretycznie mógłbyś wykorzystać do prowadzenia ścieżek autorouter, ustawiając odpowiednio jego parametry. Jednak mało który autorouter radzi sobie z płytkami jednostronnymi. A już na pewno nie pseudorouter Easytraxa. W Autotraxie uruchomisz autorouter poleceniem z menu NetList Route "N" "R", określiwszy uprzednio warunki poleceniami LayerSetup, RouterSetup, SeparationSetup i VariableSetup.

Końcowa kontrola druku

Zaprojektowaną płytkę musisz jeszcze dokładnie sprawdzić. Nabieraj dobrych przyzwyczajeń - wykorzystaj netlistę.

Easytrax, choć nie ma możliwości wczytania netlisty, może takową wygenerować po podaniu polecenia Highlight MakeNetList ("H" "M" wpisz "IRED" "enter" "Y"). W katalogu c:\easytrax pojawi się zbiór ired.net. Możesz teraz wyjść z programu easyedit (nie zapomnij zapisać na dysk efektu pracy). Za pomocą dowolnego edytora tekstu obejrzyj i ewentualnie wydrukuj zbiór ired.net.

Masz oto przed sobą prawdziwą netlistę! Zwróć uwagę na sposób zapisu czyli format.

Na początku zbioru w nawiasach kwadratowych zadeklarowano wszystkie występujące na płytce elementy. W pierwszej linii masz zawsze nazwę elementu (designator), w drugiej - nazwę użytego elementu bibliotecznego, a w trzeciej - wartość (comment). Pozostałe trzy linie są puste.

W dalszej części zbioru znajdziesz w nawiasach okrągłych właściwy spis połączeń.

Możesz teraz porównać ten spis z netlistą, którą napisałeś na piechotę na początku pracy.

Niestety Easytrax nie ma możliwości automatycznego porównania dwóch netlist. Inne programy mają taką możliwość. Porównywanie dwóch list "na papierze" może wydać Ci się żmudne. Rzeczywiście, jest to bardzo dobra metoda, ale tylko wtedy, gdy program potrafi to zrobić automatycznie. Jeśli więc nie bardzo uśmiecha Ci się taka robota, możesz sprawdzić zgodność płytki z pierwotną netlistą w inny sposób.

Mianowicie projektując płytkę w programie easyedit, włącz wszystkie używane warstwy, przełącz czynną warstwę na BottomLayer i wykorzystaj polecenie Highlight Net. Ustawiaj kursor nad kolejnymi ścieżkami i punktami lutowniczymi i wykonaj "H" "N" "enter". Wszystkie połączone ścieżki (czyli jedna sieć) zostaną podświetlone. Możesz wtedy wzrokowo sprawdzić, czy wszystkie potrzebne punkty są połączone.

Drugą ważną sprawą są niezbędne odstępy izolacyjne między ścieżkami i punktami. Przy obecnych standardach wykonawczych metodą sitodruku, przyjmuje się zwykle minimalny odstęp równy 12mil, choć w zasadzie wystarczyłby odstęp 10mil. Niestety, w Easytraxie musisz ocenić to wzrokowo. Wyłącz więc warstwę Overlay, maksymalnie powiększ obraz i ustaw skok kursora równy 5mil. Przeglądaj teraz płytkę kawałek po kawałku i w podejrzanych miejscach sprawdzaj kursorem, jaki jest odstęp. W razie potrzeby możesz jeszcze przesunąć element czy ścieżkę o 5, czy 10 milsów.

W Autotraxie ostateczną kontrolę zgodności dwóch netlist i kontrolę odstępów przeprowadza się automatycznie poleceniem NetList DesignRuleCheck ("N" "D" "nazwa_pierwszej_netlisty" "nazwa_zbioru_kontrolnegoDRC" "enter"), deklarując wcześniej minimalne odstępy poleceniem "N" "R" "S", gdzie zazwyczaj we wszystkich czterech liniach wpisuje się 12mil. W katalogu c:\autotrax pojawi się zbiór zawierający wyniki sprawdzania z rozszerzeniem .DRC, który możesz obejrzeć z pomocą dowolnego edytora tekstu. W tym zbiorze kontrolnym spotkasz określenie *clearence error*, świadczące o zbyt małych odstępach izolacyjnych, oraz określenia *missing pin* czy *missing component* informujące o braku punktu lub elementu o podanej nazwie. Wypisane zostaną też wszelkie różnice między obiema netlistami. Wtedy należy dotąd wprowadzać poprawki, aż po kolejnym wykonaniu polecenia "N" "D", zbiór kontrolny *.drc będzie pusty.

Oczywiście ten etap pracy najłatwiej jest przeprowadzać pod Windowsami, bo umożliwiają one łatwe przełączanie się między aplikacjami, choćby za pomocą kombinacji klawiszy Alt+Tab.

Jeśli sprawdzisz odstępy oraz zgodność ze schematem ideowym, pozostaje Ci tylko uporządkować opis w warstwie Overlay.

Porządkowanie warstwy opisu

Wyłącz warstwę BottomLayer, włącz Overlay, ustaw skok kursora równy 5mil i uporządkuj wszystkie napisy poleceniem "M" "S". Jeśli to możliwe, ustaw napisy tak, żeby były widoczne także po wlutowaniu elementów - będzie to znakomitą pomocą przy ewentualnej naprawie.

Prawdopodobnie będziesz też musiał coś dopisać i dorysować. Oznacz punkty do wlutowania przewodów. Ja, jak na pewno zauważyłeś, stosuję do tego kolejne litery alfabetu, przy czym punkty o potencjale masy oznaczam zawsze literką O, a dodatni i ujemny biegun zasilania literami P i N.

Koniecznie w warstwie opisu Overlay zaznacz zwory - zrób to ścieżką szerokości 10 lub 30mil. Pamiętaj, żeby opis nie był umieszczony nad otworami, bo potem przy produkcji metodą sitodruku utrudni to naniesienie farby.

Dobrym zwyczajem jest umieszczenie okręgów nad punktami przeznaczonymi do wlutowania przewodów i zwór - znakomicie ułatwia to montaż. Po uporządkowaniu opis może wyglądać jak na **rysunku 30**.

Gdy uporządkujesz opis, twoja płytka jest w zasadzie gotowa do produkcji.

Powielanie

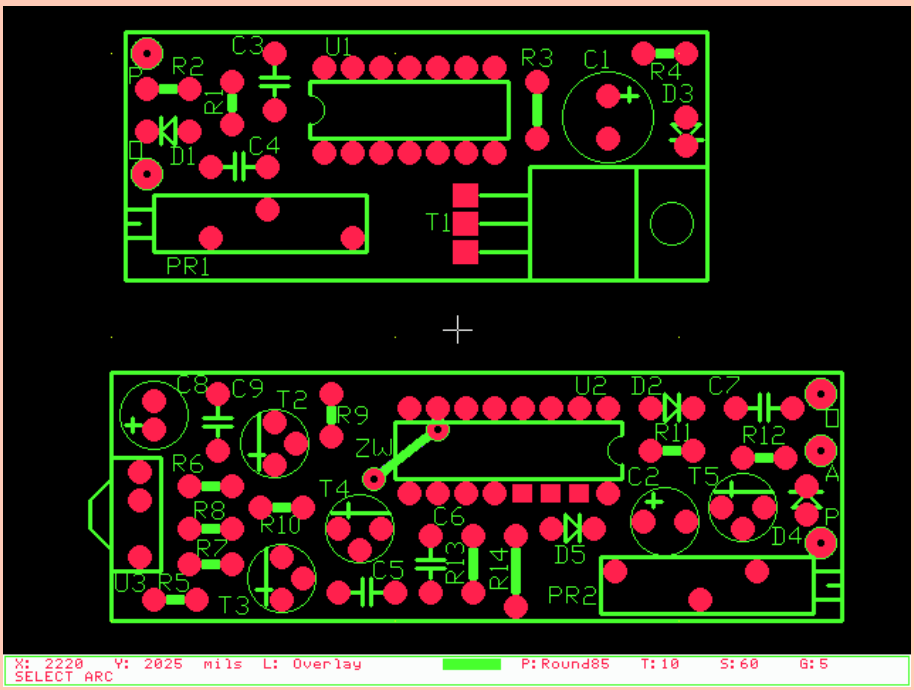
W praktyce, aby wykonać klisze do naświetlenia sita, pojedynczą małą płytkę trzeba zazwyczaj rozmnożyć. W Easytraxie (lub Autotraxie) można to wykonać po zaprojektowaniu płytki, otwierając nowy arkusz i korzystając z polecenia Block Read ("B" "R"). Nie można tego natomiast zrobić poleceniem Block Copy ("B" "C"), bo kolejno powielone płytki będą mieć rosnącą numerację elementów.

Przy takim rozmnażaniu trzeba też zachować niezbędne odstępy między poszczególnymi płytkami, zależnie od tego, czy będą potem cięte na gilotynie, czy piłą. Trzeba też umieścić tak zwane punkty bazowe.

Te szczegóły należy dokładnie uzgodnić z wytwórcą płytek.

Na koniec pozostaje tylko skorzystać z programu easyplot i wykonać niezbędną dokumentację produkcyjną. Zajmiemy się tym w następnym odcinku.

Piotr Górecki



Rys. 30. Wygląd ekranu po uporządkowaniu warstwy opisu.