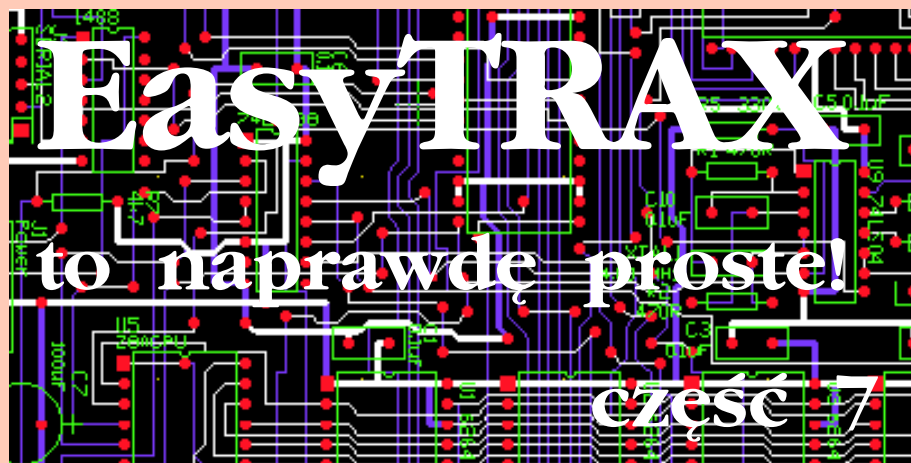


Przystępujemy wreszcie do prawdziwego projektowania płytki. Jak to często w życiu bywa, musisz zwrócić uwagę na poważne pułapki.



Krok pierwszy - obudowa

Czy już zauważyłeś u siebie, że elektronik skłonny jest zapomnieć o obudowie, a potem długo kombinuje, co zrobić z płytką o bezmyślnie przyjętych rozmiarach.

Nie popelnij takiego błędu - na początek, na podstawie ilości występujących elementów oszacuj, jaką wielkość powinna mieć Twoja płytka. Jeśli masz wątpliwości, wstępnie umieść na arkuszu roboczym wszystkie elementy biblioteczne, jakie mają zmieścić się na płytce i zorientuj się, czy masz szansę zmieścić wszystko w przewidzianej obudowie. Kilka

dalszych wskazówek znajdziesz po następnym śródtytule.

Wielu zapalonych elektroników popełnia w tym miejscu brzemienne w skutkach błęd. Zabiera się do ostatecznego projektowania druku, nie ustalwszy wcześniej, w jakiej obudowie płytka będzie umieszczona. Na pewno spotkałeś już płytki drukowane nie dające żadnej sensownej możliwości zamocowania ich w obudowie. Potem przysparzają one wiele kłopotów, bo nie mają żadnych otworów pod śruby i pozostaje przykleić je przysłowiowym plastrem opartunkowym. Genialny, aczkolwiek odrwany od rzeczywistości elektronik zapomniat, że płytkę trzeba jakoś zamocować!

Zapamiętaj więc bardzo ważną zasadę: najpierw trzeba ustalić w jakiej obudowie umieszczone będzie gotowe urządzenie, jakie mają być wymiary płytki

i gdzie będą rozmieszczone otwory do jej mocowania.

Wcześniej zachęcałem cię do stworzenia porządnego elementu bibliotecznego. Teraz gorąco Cię namawiam, żebyś założył i stopniowo uzupełniał kolekcję OBRYSÓW PŁYTEK przeznaczonych do różnych obudów. Z obudowami metalowymi sprawa jest prostsza, bo można w nich wierceć otwory praktycznie w dowolnym miejscu. Ale obecnie można kupić mnóstwo przydatnych plastikowych obudów, i większość z nich wymaga określonego sposobu mocowania płytki.

Nauucz się od początku myśleć o obudowie, a zaoszczędzisz sobie wielu kłopotów przy ostatecznym montażu.

Z doświadczenia wiem, że przed zaprojektowaniem płytki warto stracić nawet kilka godzin na wybranie rodzaju obudowy oraz dokładne zaplanowanie wyglądu ewentualnej płytki czołowej, rozmieszczenie na niej elementów regulacyjnych, a także przewodów i gniazd zasilających.

Nie bądź nerwowy, wytrzymaj z bólami - najpierw przygotuj obudowę. Jeśli to możliwe - zrób "na gotowo" płytkę czołową i płytkę tylną urządzenia. Często bowiem okazuje się, szczególnie w przypadku małych plastikowych obudów, że potem płytka nie mieści się w obudowie, bo przeszkadzają jakieś wystające potencjometry, przełączniki, czy gniazda bezpiecznikowe.

Jeśli przyswoisz sobie podaną kolejność prac, będzie to Twój duży sukces!

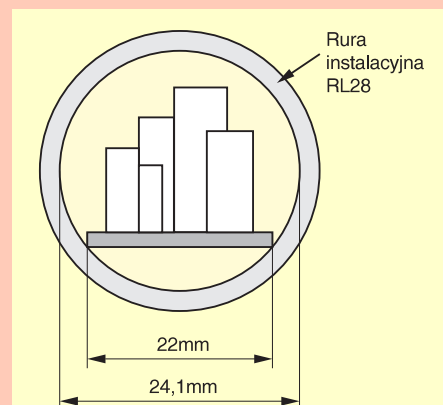
Pierwszym krokiem przy projektowaniu płytki drukowanej powinno być dokładne określenie jej wymiarów i zaplanowanie otworów mocujących do konkretnej obudowy.

Przed zaprojektowaniem płytki należy wybrać typ obudowy, zaplanować rozmieszczenie przewodów, gniazd, bezpieczników, elementów regulacyjnych i wskaźników oraz wykonać płytę czołową i płytę tylną.

Nasz układ toru podczerwieni aktywnej będzie się składał z dwóch płytek. Ponieważ jest to układ, który być może zostanie zainstalowany na wolnym powietrzu, więc obudowa powinna zapewnić ochronę przed wilgocią. Jak wiadomo, kąta promieniowania nadajnika i kąta "widzenia" odbiornika powinny być jak najmniejsze. W przedstawionym układzie nie trzeba stosować soczewek, które ogromnie utrudniają one konstrukcję, ale dla zmniejszenia wrażliwości na zakłócenia, dobrze byłoby ograniczyć kąt "widzenia" odbiornika.

Decydujemy się więc na obudowę: obudową będą odcinki elektrycznej rurki instalacyjnej lub kanalizacyjnej z PCW. Umożliwi to hermetyzację; w najprostszych przypadkach choćby przez zalanie gotowego układu stearyną ze świeczki.

Mamy do wyboru szereg rodzajów plastikowych rur. Rury kanalizacyjne, nawet te najmniejsze o średnicy 50mm, są za duże. Decydujemy się więc na rurkę instalacyjną RL28 o średnicy zewnętrznej 28,3mm i wewnętrznej 24,1mm. Jak widać na rysunku 21, szerokość naszych płytek musi być mniejsza od wewnętrznej średnicy rury. Przyjmujemy szerokość płytki równą 22mm czyli $22 \times 39,4 = 866,8$ milsów, a w razie potrzeby pilnikiem zwężymy



Rys. 21. Przekrój rurki instalacyjnej RL28.

ją jeszcze o około 0,5mm. Ponieważ pracujemy ze skokiem kursora 25mil, przyjmujemy szerokość 875 milów. Nie musimy natomiast na razie określać długości płytek - będą tak długie, jak potrzeba; określimy to w czasie projektowania druku. Na razie przyjmij długość 2500mil. W naszym projekcie otwory do mocowania nie są potrzebne. W innych przypadkach zaznacz je za pomocą punktów lutowniczych (poleceniem "F1"), a ich rzeczywistą średnicę ewentualnie zaznacz okręgiem w warstwie BoardLayer lub lepiej Overlay.

Ustaliliśmy wymiary. Narysuj teraz obrys nadajnika i odbiornika ścieżką o grubości 10mil. Przyjmij jako stałą zasadę, żeby dolny lewy róg płytki umieszczony był w punkcie o współrzędnych 1000, 1000 - krawędzie płytki będą oddalone od brzegów arkusza o 1 cal. Jest to ważne, ponieważ później, przy wykonywaniu wydruków, niektóre drukarki nie potrafią wykonać rysunku umieszczonego tuż przy krawędzi arkusza. Ponadto jest to wygodne dla projektanta, który ma trochę dodatkowego miejsca na chwilowe przesunięcie umieszczanych na płytce elementów.

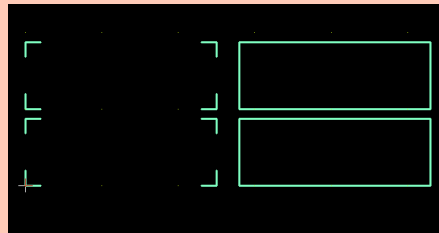
Dla ułatwienia pracy, dolny lewy róg płytki powinien być umieszczony w punkcie o współrzędnych 1000, 1000.

W tej części prac możesz nieco ułatwić sobie zadanie, ustawiając punkt odniesienia w miejscu o współrzędnych 1000, 1000. Ustaw więc kursor w tym punkcie. Zmień współrzędne z na względne: "C" "C" "R". Potem wprowadź nowy punkt odniesienia: "C" "F". Współrzędne 1000, 1000 zmienią się na 0,0.

W Easytraxie obrys płytki umieść w warstwie BoardLayer. Ta warstwa ma ciekawą właściwość - ścieżki i okręgi na niej umieszczone pojawiają się potem na każdej innej użytej warstwie. Nie musisz więc rysować tego samego na trzech warstwach: BottomLayer, TopLayer i Overlay - wystarczy raz w warstwie BoardLayer.

W praktyce trzeba tu wziąć pod uwagę pewne istotne szczegóły. Na **rysunku 22** pokazuję Ci dwa sposoby zaznaczenia obrysu płytki w warstwie BoardLayer.

Polecam Ci sposób oszczędny, polegający na zaznaczeniu tylko narożników. Sposób drugi, zaznaczenie pełnego obrysu, może niekiedy spowodować kłopoty, szczególnie jeśli będziesz wykonywał płytki w zakładzie produkcyjnym. Pamiętaj, że linie te pojawią się we wszystkich czynnych warstwach, a więc także także jako ścieżka w warstwie BottomLayer. Sam się na to kiedyś naciąłem przy projektowaniu płytki zasilacza. Występował tam transformator sieciowy,



Rys. 22. Sposoby zaznaczania obrysu płytki.

i jego oczka lutownicze umieszczone były blisko krawędzi płytki. Wszystkie były dobrze do momentu, gdy przylutowałem od strony ścieżek przewód sieciowy. Po włączeniu napięcia sieci był huk, ogień i dym; zadziałały bezpieczniki w instalacji. Przyczyną było zwarcie właśnie przez tę cieniutką ścieżkę obrysu - przy lutowaniu przewodów na płask nie zauważyłem, że na krawędzi płytki pozostała ta cienka nitka ścieżki. Należy na to zwrócić szczególną uwagę przy projektowaniu płytek, gdzie występuje napięcie sieci 220V. Wymagane są wtedy odstępy izolacyjne między ścieżkami rzędu kilku milimetrów, a taka z a p o m n i a n a ścieżka obrysu może poważnie obniżyć bezpieczeństwo użytkownika.

Natomiast, gdy nie zaznaczysz obrysu w warstwie BoardLayer, a tylko w Overlay'u, to bardzo utrudnisz sobie pracę przy ręcznym malowaniu i wierceniu płytek.

Proponuję Ci więc zaznaczenie w warstwie BoardLayer tylko narożników, a w warstwie Overlay pełnego obrysu płytki.

Natomiast przy korzystaniu z Auto-traxa, czy Protela, w niektórych sytuacjach oprócz wykorzystania warstwy BoardLayer, musisz zaznaczyć pełny obrys płytki w warstwie KeepOutLayer.

W razie wątpliwości należy te sprawy omówić jasno z wytwórcą płytek, ponieważ niektórzy z nich życzą sobie, żeby projekt zawierał pełny obrys w warstwie KeepOutLayer lub BoardLayer.

Gdy projektujesz płytkę do obudowy, której dotychczas nie używałeś, radziłbym Ci wykonać wydruk kontrolny obrysu płytki i otworów mocujących. Należałoby to zrobić z pomocą programu *easyplot*, który przedstawię Ci w następnych odcinkach. Będziesz wtedy pewny, że płytka i otwory pasują do przewidzianej obudowy.

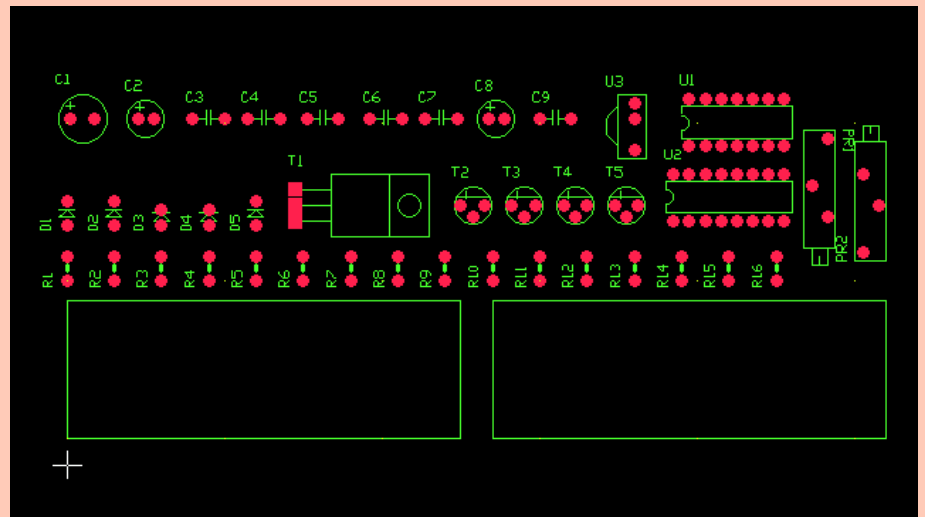
Roźmieszczanie elementów na płytce

Przy korzystaniu z Easytraxa elementy trzeba umieścić na płytce "ręcznie" poleceniem "P" "C". Masz już gotową listę elementów.

Ponieważ ustaliliśmy, że obudową będzie wąska plastikowa rurka i zależy nam na dobrym wykorzystaniu miejsca, wszystkie rezystory umieść na stojąco. Wykorzystaj więc element biblioteczny R1.5 o rozstawie punktów lutowniczych 150 milów (ok. 3,8mm). Z konieczności musisz umieścić duży tranzystor mocy T1 na leżąco. Zwróć też uwagę na kondensator C1, który ma średnicę 8mm.

Gdy będziesz projektował inne płytki na których będzie dużo miejsca, radzę Ci rezystory umieszczać poziomo i jako standardowy rezystor stosować element biblioteczny R4 lub R5. Taka płytka ładniej wygląda i łatwiej jest projektować druk, bowiem między nóżkami "leżącego" rezystora można spokojnie przeprowadzić nawet kilka ścieżek.

Przy ręcznym wprowadzaniu kolejnych elementów program pyta o nazwę elementu (*designator*) i jego wartość (*comment*). Radzę Ci wpisywać wartość elementów w polu *comment*, bo potem, z pomocą programu BOM.EXE, łatwo stworzysz wykaz elementów



Rys. 23. Pierwsze umieszczenie elementów na arkuszu roboczym.

Też to potrafisz

umieszczonych na płycie. Wykaz taki przyda się przy sprawdzaniu płytki.

Możesz też zaoszczędzić trochę czasu i nie wpisywać wartości elementów. Aby wprowadzić na płytkę kilka jednakowych elementów wystarczy umieścić jeden z nich poleceniem "P" "C", i potem wykorzystać polecenie Repeat z menu głównego.

A teraz umieść na arkuszu roboczym wszystkie elementy według spisu. Może to wyglądać, jak na **rysunku 23**.

Przy korzystaniu z Autotraxa, mógłbyś wszystkie elementy wrzucić na płytkę automatycznie poleceniem "N" "A" "L" "nazwa_netlisty" "enter" "enter", oraz "N" "A" "P", o ile tylko napiszesz lub wygenerujesz za pomocą jakiegoś programu typu *schematic*, kompletną netlistę w formacie Tango. Jeśli netlista nie jest kompletna, brakuje jakichś elementów w bibliotece lub nie zgadza się numeracja punktów lutowniczych, to program może wygenerować raport o brakach czy niezgodnościach - zbiór z rozszerzeniem .rep. Przy automatycznym umieszczaniu elementów należy wcześniej zaznaczyć na specjalnej warstwie kształt projektowanej płytki (w Autotraxie przy korzystaniu z polecenia Netlist AutoPlace "N" "A", należy zaznaczyć obrys płytki w warstwie Keep Out Layer, przy czym wbudowany autoplacer jest "mało inteligentny" i jego przydatność ogranicza się do nieskomplikowanych układów cyfrowych).

Po wprowadzeniu wszystkich elementów spróbuj wstępnie ustawić elementy na płytkach tak, żeby podzespoły, które mają być połączone, sąsiadowały ze sobą.

Niektórzy próbują ustawiać elementy na płycie tak, żeby płytka przypominała schemat ideowy. Taka metoda nie jest dobra, zwłaszcza nie daje się jej zrealizować, gdy na płycie występują układy scalone. Dlatego raczej należy wykształcić w sobie umiejętność takiego roz-

mieszczania elementów, żeby minimalizować długość ścieżek. Każdy układ należy podzielić na oddzielne bloki i tak zaplanować rozmieszczenie tych bloków, żeby było jak najmniej długich połączeń i zwór.

Choć to może wydawać się trudne, naucz się patrzeć na układ, jako na zbiór kilku niezależnych bloków. Prowadzeniem obwodów zasilania na razie nie musisz się zbytnio przejmować, ale warto wstępnie zaplanować przebieg szyn zasilania.

Ja przy bardziej skomplikowanych układach rysuję nawet na kartce wstępny projekt rozmieszczenia poszczególnych bloków, a w szczególności zaznaczam drogę przepływu sygnałów i dopiero potem próbuję optymalnie rozmieścić podzespoły. Przykład znajdziesz na **rysunku 24**, gdzie pokazuję Ci taki wstępny plan stworzony dla płytki wielofunkcyjnej PW-01. Porównaj ten rysunek ze schematem ideowym i montażowym zamieszczonym w EdW 1/96 na str. 9 (rysunki 2 i 3).

Zazwyczaj taki sposób jest dobry, ale są wyjątki. Przy projektowaniu płytek do układów gdzie występują duże prądy, w szczególności wzmacniaczy elektroakustycznych, albo też układów w.c.z, należy przede wszystkim starannie zaplanować przebieg ścieżki masy. Ten ważny temat wykracza jednak poza ramy naszego cyklu - jeśli jesteś tym zainteresowany, napisz do mnie, a wtedy w jednym z artykułów podam Ci szereg istotnych wskazówek.

Nasz układ nie jest skomplikowany, ale na schemacie ideowym (rys. 20) zaznaczyłem ci zielonym kolorem poszczególne bloki. **Rysunek 25** pokazuje wstępne rozmieszczenie elementów na projektowanych dziś płytkach, przy uwzględnieniu podziału układu na bloki.

Musisz też zaplanować położenie kluczowych elementów - w naszym przypadku są to dioda nadawcza D3 i układ odbiorczy U3, które muszą być umieszczone blisko krótszej krawędzi płytki. Ważne jest też umieszczenie potencjometrów, żeby był do nich dostęp po zmontowaniu. Aby w rurce zmieścił się kondensator C1 o średnicy 8mm i znacznej wysokości, należy go umieścić blisko podłużnej osi płytki, a nie przy brzegu.

W tym momencie powinieneś też wstępnie ustalić, gdzie będą umieszczone punkty lutownicze do przylutowania przewodów zasilających, sterujących itp.

Ten wstępny etap projektowania jest bardzo ważny. Od niego zależy, jak potem będą przebiegać ścieżki i ile zwór będziesz musiał umieścić na płycie.

Tu widzisz, że nawet "inteligentny" autoplacer nie poradzi sobie ze wszystkimi problemami i niektóre kluczowe elementy należy rozmieścić ręcznie.

Większość autoplacerów (a także niektórzy konstruktorzy-esteci) rozmieszczają elementy w powiedzialnym, nadmiernie uporządkowany sposób: wszystkie rezystory oraz kondensatory w jednym rzędzie równolegle do siebie, układy scalone także równolegle, wycięciami w tę samą stronę. Taka metoda daje wprawdzie płytki ładne na wygląd, ale nie polecam Ci jej, ponieważ ma poważne wady.

Ty będziesz projektował przede wszystkim płytki jednostronne i zależy Ci będzie na zminimalizowaniu ilości zwór. Natomiast taka estetyczna metoda wymaga stosowania druku przynajmniej dwustronnego lub dużej ilości zwór. Po drugie będziesz projektował płytki do układów analogowych, a w nich bardzo ważne jest właściwe prowadzenie ścieżki masy i najogólniej biorąc, ze względu na zakłócenia, dąży się do zminimalizowania długości wszelkich połączeń.

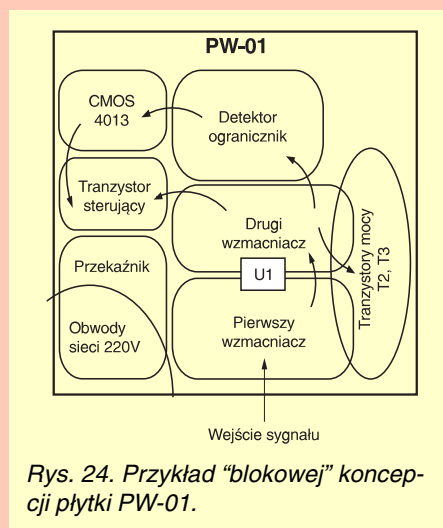
Ponadto obecnie dąży się do maksymalnej miniaturyzacji sprzętu.

Są to wystarczające powody, żeby głównym kryterium przy rozmieszczaniu elementów nie były względy estetyczne. Rozmieszczenie elementów pod sznurek może być uzasadnione tylko przy prostych układach, albo gdy będziesz projektował płytkę pokazową, na przykład do pracy dyplomowej.

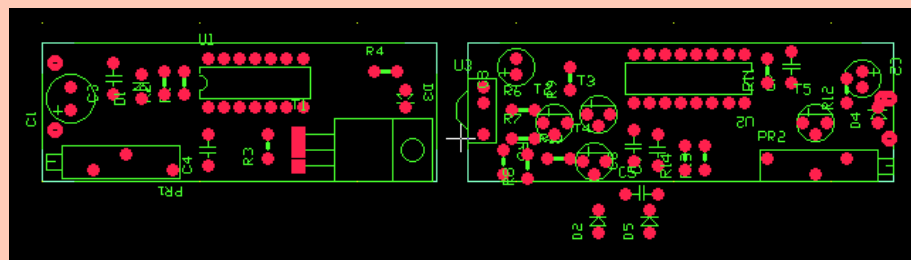
Wstępne trasowanie ścieżek

Jeśli już wstępnie rozmieściłeś elementy, wykonaj wszystkie połączenia na podstawie netlisty. Ścieżki o szerokości 30 milów umieść w warstwie Bottom-Layer. Postaraj się połączyć prostymi odcinkami potrzebne punkty przy pomocy polecenia F3.

Cd. na str. 40



Rys. 24. Przykład "blokowej" koncepcji płytki PW-01.



Rys. 25. Wstępne rozmieszczenie elementów.

Cd. ze str. 38

W miarę możliwości stosuj proste ścieżki, ale gdyby to zaciemniało obraz musisz ścieżkę "złamać". Unikaj jednak pozostawiania punktu załamania ścieżki pod jakimkolwiek elementem, bo potem przy przemieszczaniu tego elementu, ścieżka będzie przesuwana wraz z nim i zacznie się tworzyć bałagan.

Po wstępnym narysowaniu ścieżek otrzymasz obraz, jak na **rysunku 26**.

W Easytraxie do identyfikacji poszczególnych punktów możesz użyć polecenia Jump Pad. Najpierw zmień kursor na duży krzyż ("S" "O" "C" "L" "esc"). Ustaw kursor nad interesującym Cię elementem i wykonaj: "J" "P" "enter" wpisz numer punktu "enter".

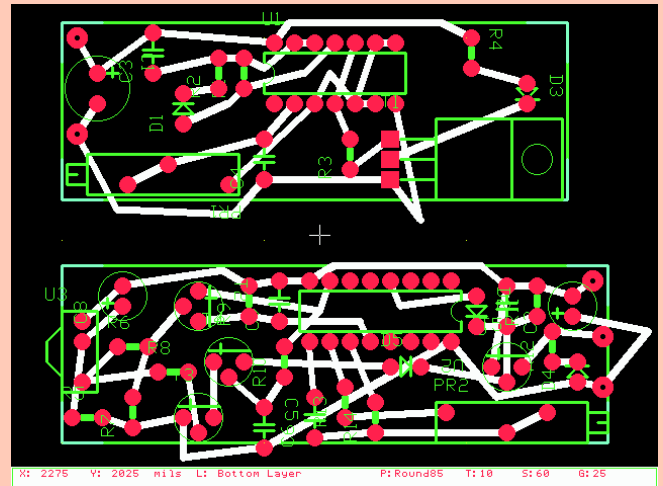
Gdybyś miał Autotraxa lub Protela, w tym etapie pracy nie umieszczalbyś na płytce żadnych ścieżek. Przygotowałbyś netlistę w odpowiednim formacie i wczytałbyś ją poleceniem NetList Get ("N" "G"). Po wczytaniu netlisty i włączeniu jej wyświetlania ("N" "G" "nazwa_netlisty" "enter" "S" "enter" "S" "A" "esc") program pokazałby ci obraz bardzo po-

dobny do tego na rysunku 26, tyle, że połączenia zaznaczone byłyby cienką linią, i nie byłyby to ścieżki, tylko układ połączeń według netlisty.

W dalszej części opisu dowiesz się, jak taką prawdziwą netlistę można napisać na piechotę. Jest to w sumie bardzo łatwe.

Oczywiście w Easytraxie nie możesz wczytać netlisty, ale doprowadziłeś jednak do bardzo podobnej sytuacji. Celowo zaproponowałem Ci taką kolejność prac, bowiem oto pracując z prostym Easytraxem stworzyłeś sytuację taką, jak przy wykorzystaniu zaawansowanych narzędzi. Gratulacje! Zaczynasz nabierać zdrowych, wręcz profesjonalnych przyzwyczajeń.

W następnej części artykułu dokoń-



Rys. 26. Wstępne trasowanie ścieżek.

czymy nasz projekt płytki. Wiem jednak, że nie wytrzymasz tak długiej beczynności - zapewne zechcesz spróbować swoich sił. Dokończ więc pracę sam - wstaw elementy, poprowadź ostatecznie ścieżki i uporządkuj opis. Za miesiąc porównamy wyniki.

Piotr Górecki