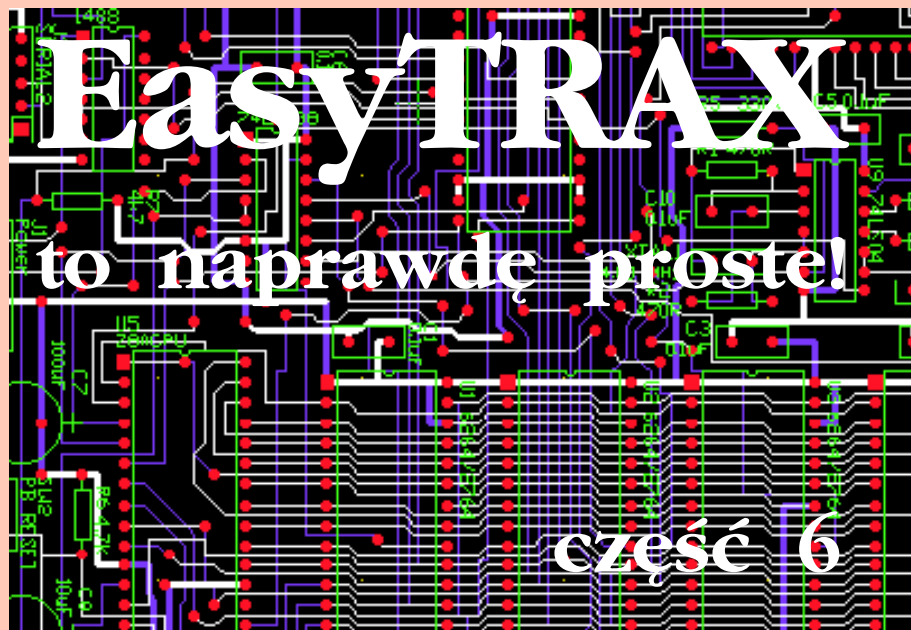


Też to potrafisz

W poprzednich pięciu odcinkach kursu poczyniłeś wszystkie niezbędne przygotowania, żeby wreszcie zaprojektować jakąś płytkę. Umiesz obsługiwać program easyedit, zbudowałeś porządną bibliotekę i czekasz z niecierpliwością na dalsze wskazówki. Dziś przechodzimy do omówienia podstawowych zasad projektowania płytek.



Oczywiście, biegłości w projektowaniu przebiegu ścieżek nie można się nauczyć przez czytanie mądrych artykułów. Doświadczenia nabędziesz z czasem, jeżeli będziesz się do tego przykładat.

Celem trzech najbliższych odcinków jest pokazanie Ci podstawowych reguł projektowania płytki oraz wskazanie na ewentualne pułapki i zagrożenia.

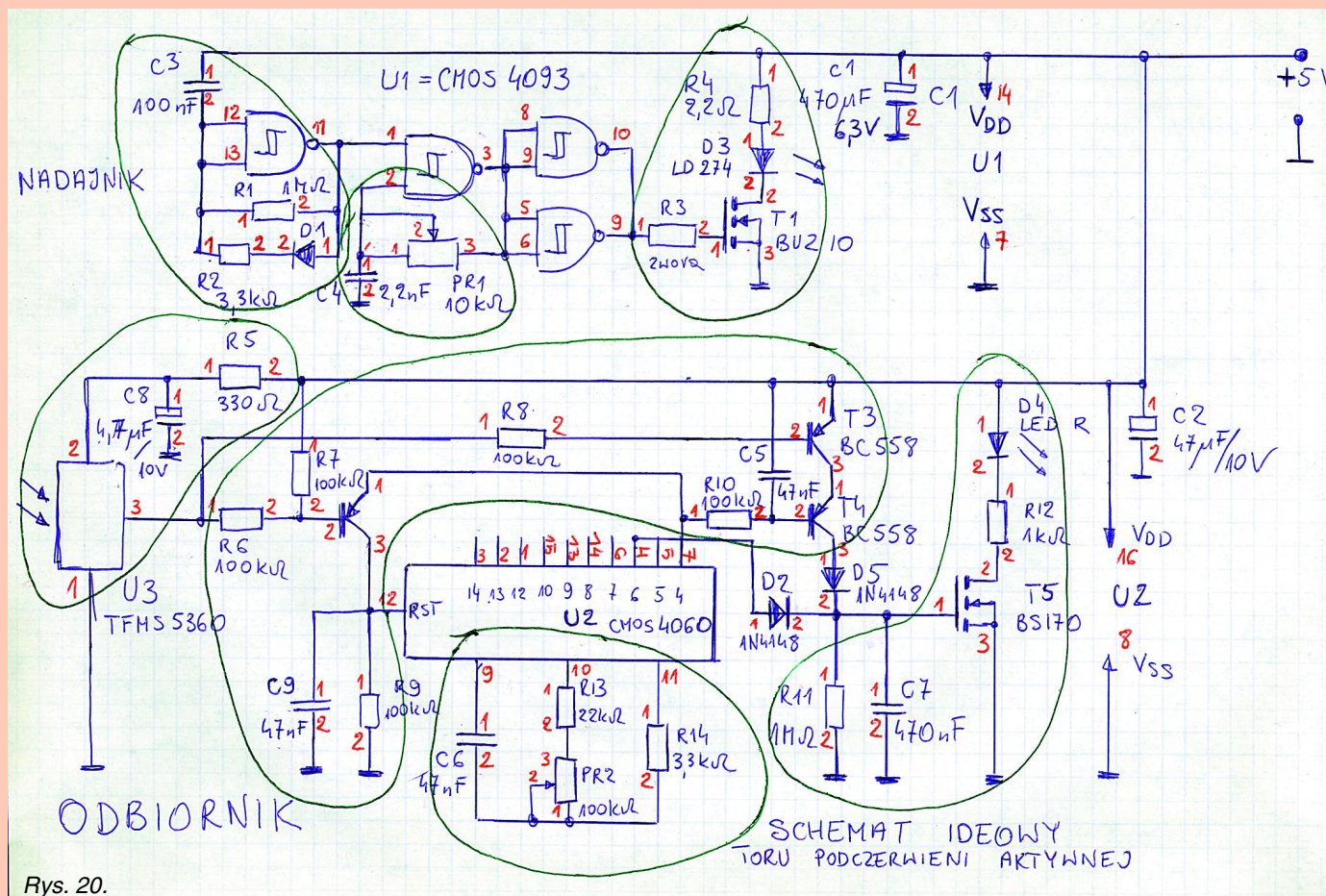
Oprócz opisu Easytraxa, w artykule znajdziesz też sporo informacji o dodat-

kowych możliwościach "starszego brata" - Autotraxa. Pozwoli Ci to szerzej spojrzeć na zagadnienie i wstępnie przygotuje do pracy z innymi, w pełni profesjonalnymi programami.

Zachęcam Cię, żebyś dobrze przyswoił sobie podane informacje, zaakceptował podaną kolejność prac, a mam nadzieję że nawet polubisz netlisty. Pamiętaj, że bez nich nie obejdziesz się dziś żaden poważny program projektowy.

Jeśli jednak teraz, na początku nauczysz się jakichś "partyzanckich" sposobów projektowania, może nawet nieco szybszych niż proponowana metoda, to potem będzie Ci trudno przesiąść się na inne zaawansowane programy projektowe.

Dziś, krok po kroku, zaczynamy wspólnie projektować płytkę drukowaną do toru podczerwieni aktywnej. Schemat ideowy układu znajdziesz na rysunku



Rys. 20.

20. Celowo pokazuję Ci schemat narysowany ręcznie, ponieważ myślę, iż na razie z takimi schematami będziesz miał do czynienia. Potraktuj przedstawione zadanie jako ćwiczenie. Pokazany kluczowany układ toru podczerwieni o dalekim zasięgu, nie zawierający soczewek, tylko diodę o wąskim kącie promieniowania i nowoczesny układ odbiorczy, zostanie opublikowany w jednym z najbliższych numerów EdW. Nie będzie to jednak układ o schemacie identycznym z rysunkiem 20, ponieważ dla celów ćwiczebnych, żeby nadmiernie nie komplikować zadania, usunąłem dwa diodki umieszczone w szynach zasilających.

Zapewne do tej pory próbowałeś projektować płytki "na piechotę". Znam ten temat, przed laty mogłem nawet poszczycić się w tej dziedzinie pewnymi osiągnięciami. Metoda "na piechotę", inaczej metoda kolejnych przybliżeń polega na kilkakrotnym ręcznym rysowaniu projektu płytki na specjalnej folii, tzw. astralonie aż do osiągnięcia zadowalającego rozmieszczenia elementów, ścieżek i zwór. Amatorzy rysują swe płytki na papierze, lub lepiej na kalce milimetrowej.

Trzeba jednak stwierdzić, że przy takiej procedurze łatwo popełnia się błędy. Znam to z praktyki. Nawet sprawdzenie gotowego projektu przez kogoś innego niewiele pomoże.

Dlatego proponuję Ci metodę, która pozwoli zminimalizować ilość błędów: naucz się korzystać z netlisty. Na pierwszy rzut oka może to wyglądać na stratę czasu, ale gwarantuję Ci, że ten dodatkowy wysiłek się opłaca. Ponadto nabierzesz przyzwyczajień, które znakomicie przydadzą Ci się w przyszłości, gdy będziesz korzystał z bardziej zaawansowanych programów. W tabelce obok znajdziesz proponowaną kolejność czynności.

Nie myśl, że program do projektowania płytek jest potrzebny wyłącznie do porządnego narysowania płytki na drukarce czy ploterze, czy też łatwego wykonania klisz i wiercenia otworów.

Dobry program powinien też być pomocny do wykrycia ewentualnych błędów.

Czy spotkałeś się już w literaturze elektronicznej z sytuacją, że projekt płytki nie zgadza się w pełni z zamieszczonym schematem ideowym? Niby układ jest taki sam, ale występują różnice, lub nawet ewidentne błędy. Prawdopodobnie autor nie korzystał z netlisty.

Pamiętaj, że rysowanie schematu i projektowanie płytki nie są czynnościami niezależnymi. Najczęściej w trakcie projektowania płytki okazuje się, że

trzeba zmodyfikować schemat ideowy, na przykład pozamieniać bramki w obrębie tego samego układu scalonego, czy zmienić kolejność połączonych szeregowo elementów.

Na rysunku 20 podaję Ci gotowy schemat, który trzeba tylko przenieść na płytkę drukowaną. Przyjrzyj się teraz temu rysunkowi. Zauważ, że oprócz oznaczeń i wartości elementów, na schemacie ideowym zazaczyłem kolorem czerwonym numery końcówek.

Na pewno potrzebny Ci będzie wykaz elementów. Zaawansowane programy potrafią wykonać go na podstawie schematu ideowego w ciągu ułamka sekundy, my zrobimy go "na piechotę":

Wykaz elementów toru podczerwieni aktywnej:

Nadajnik

R1: 1M Ω
R2: 3,3k Ω
R3: zwora
R4: 2,2 Ω
PR1: 10k Ω
C1: 470 μ F/6,3V
C3: 100nF foliowy
C4: 2,2nF foliowy
D1: dowolna dioda np. 1N4148
D2: dioda nadawcza LD274
T1: BUZ10
U1: CMOS 4093

Odbiornik

R5: 330 Ω
R6-R10: 100k Ω
R11: 1M Ω
R12: 1k Ω
R13: 22k Ω
R14: 3,3k Ω
PR2: 100k Ω
C2: 47 μ F/10V
C5, C9: 47nF
C6: 47nF foliowy
C7: 470nF
C8: 4,7 μ F/10V

D2, D5: dowolna dioda np. 1N4148
D4: LED 3mm czerwona
T2-T4: dowolne PNP np. BC558
T5: MOSFET N np. BS107, BS170
U2: CMOS 4060
U3: TFMS5360...5380

Czy wiesz co to jest netlista?

Jest to potoczna nazwa listy połączeń. Netlisty są powszechnie używane we wszelkich "elektronicznych" programach. Zrobimy teraz netlistę dla naszego układu. Jest to bardzo proste. Należy po prostu wypisać, które końcówki są ze sobą połączone. Myślę, że nie trzeba Ci tłumaczyć, iż R1-1 oznacza nóżkę nr 1 elementu oznaczonego R1, a U1-12 - dwunastą nóżkę układu scalonego U1.

Zaczynamy od nadajnika:

NET1: R1-1;R2-1;C3-2;U1-12;U1-13

NET2: D1-2;R2-2

NET3: D1-1;R1-2;U1-1;U1-11

NET4: C4-1;PR1-1;PR1-2;U1-2

NET5:

PR1-3;U1-3;U1-5;U1-6;U1-8;U1-9

NET6: R3-1;U1-4;U1-10

NET7: T1-1;R3-2

NET8: D3-2;T1-2

NET9: R4-2;D3-1

teraz odbiornik:

NET10: C8-1;R5-1;U3-2

NET11: R8-1;R6-1;U3-3

NET12: R7-2;R6-2;T2-2

NET13: R9-1;T2-3;U2-12;C9-1

NET14: R10-1;T2-1;U2-7

NET15: C6-1;U2-9

NET16: R13-1;U2-10

NET17: R13-2;PR2-3

NET18: U2-11;R14-1

NET19: C6-2;PR2-1;PR2-2;R14-2

NET20: D2-1;U2-4

NET21: R8-2;T3-2

NET22: R10-2;C5-2;T4-2

Kolejność prac przy projektowaniu płytki drukowanej:

- Wykonanie schematu ideowego, podział na bloki
- Wykonanie netlisty i spisu elementów
- Wybór obudowy, wykonanie płyty czołowej i tylnej
- Określenie wymiarów płytki drukowanej (zalecany wydruk kontrolny)
- Wstępne umieszczenie wszystkich elementów na płytce zgodnie z podziałem na bloki
- Wstępne umieszczenie ścieżek
- Analiza poprawności rozmieszczenia elementów
- Minimalizacja ilości ścieżek i zwór przez zmianę położenia elementów
- Ostateczne trasowanie ścieżek
- Kontrola zgodności płytki ze schematem ideowym przez porównanie płytki z netlistą
- Ostateczna kontrola poszczególnych warstw miedzi (odstępy między ścieżkami)
- Porządkowanie i uzupełnienie warstwy opisu (Overlay)
- Wykonanie dokumentacji (ostateczny schemat ideowy, wydruki kontrolne poszczególnych warstw płytki)

Też to potrafisz

NET23: T4-1;T3-3
NET24: D5-1;T4-3;
NET25: D5-2;T5-1;D2-2;C7-1;R11-1
NET26: T5-2;R12-2
NET27: D4-2;R12-1
wreszcie szyny zasilające:
dodatnia oznaczona VDD:
NET28: R4-1;C1-1;C3-1;U1-14;C2-1;R7-1;
R5-2;C5-1;T3-1;D4-1;U2-16
i ujemna (masa) oznaczona GND i VSS:
NET29: C4-2;T1-3;C1-2;U1-7;T5-3;C2-2;
C8-2;R9-2;C7-2;U3-1;U2-8;R11-2;C9-2

Przeanalizuj teraz podaną netlistę, czy istotnie podany zapis zgadza się ze schematem z rysunku 20.

Zaawansowane programy projektowe

Ale po co tworzyć taką listę połączeń? Nasz Easytrax nie może przecież z niej skorzystać. To prawda, ale będzie ona potrzebna na koniec, przy sprawdzaniu. Ponadto chcę Ci od razu pokazać, jak powinno się projektować płytki przy wykorzystaniu innych programów.

Z czasem pewnie także schematy ideowe będziesz rysował przy użyciu odpowiedniego programu, zwanego zwykle schematicem, albo też zdobędziesz pakiet projektowy zawierający zarówno program do rysowania schematów, jak i projektowania druku. Programy takie umożliwiają automatyczne generowanie netlisty w ciągu sekundy za pomocą jednego naciśnięcia klawisza. Przy okazji powiem Ci, że różne firmy wprowadziły swoje sposoby zapisu listy połączeń, czyli formaty netlisty. Dlatego programy do rysowania schematów mają zwykle możliwość wygenerowania netlisty w jednym z wielu formatów. W ten sposób netlista może być potem wykorzystana przez program do projektowania płytek pochodzący z zupełnie innej firmy.

Takim kompletnym pakietem projektowym jest na przykład Orcad. Jednak o ile Orcad-schematic (SDT) jest obecnie najpopularniejszym programem do rysowania schematów, o tyle Orcad-PCB nie cieszy się dobrą opinią i niewiele osób go używa. Natomiast firma Protel, która wypuściła naszego darmowego Easytraxa, oferuje obecnie dwa potężne i drogie narzędzia Protel for Windows: Schematic oraz Advanced PCB.

Wśród krajowych elektroników póki co, najczęściej schematy rysuje się pod Orcadem, generuje netlistę w formacie Tango, a do projektowania druku używany jest Autotrax (ostatnia wersja 1.61), przy czym niektórzy do rysowania schematów zamiast Orcada wykorzystują pokrewnego Autotraxa-schematica (w wersji 3.30).

Uważaj teraz. Gdybyś miał w swoim komputerze lepszy program do projektowania płytek, choćby Autotraxa, mógłbyś wczytać taką netlistę i program niejako pilnowałby potem, czy twój projekt płytki zgadza się ze schematem ideowym.

Co więcej, wiele programów, w tym Autotrax, ma możliwość automatycznego lub półautomatycznego umieszczania elementów bibliotecznych i trasowania ścieżek na podstawie wczytanej netlisty. Oczywiście, wtedy netlista musi zawierać nie tylko zapis połączeń, ale i dokładne określenie potrzebnych elementów bibliotecznych.

Zauważ, że przyporządkowanie elementu bibliotecznego do danego elementu nie jest takie proste, gdy na przykład tranzystor T1 to BC547 w obudowie TO-92, a T2 to tranzystor BDV64 w obudowie TOP-3. Niektóre profesjonalne programy, np. Protel potrafią na podstawie typu elementu oraz jego wartości i oznaczenia automatycznie wybrać dla każdego właściwy element biblioteczny. Korzystają z utworzonej wcześniej tabeli przypisań określającej jakiemu elementowi na schemacie ideowym odpowiada dany element biblioteczny.

Jeśli wygenerowana netlista nie zawiera informacji na temat elementów bibliotecznych, czyli obudów, to projektant za pomocą dowolnego edytora powinien uzupełnić netlistę o potrzebne informacje. Jeszcze inną, prostszą możliwością jest wyprowadzenie "na piechotę" potrzebnych elementów z biblioteki na podstawie spisu.

Praca zawodowego projektanta wygląda więc mniej więcej tak: najpierw z pomocą programu typu *schematic* musi narysować schemat ideowy. Potem ręcznie lub automatycznie numeruje elementy i wpisuje wartości elementów. Następnie generuje netlistę. Gotową netlistę wczytuje do programu projektującego płytki.

Wspomniane wcześniej automatyczne umieszczanie elementów na podstawie netlisty jest określane po angielsku jako *autoplacement*. Niektóre programy zawierają bardzo inteligentny *autoplacer*, który oblicza i sprawdza jak optymalnie rozmieścić elementy, aby potem zminimalizować długość połączeń między nimi.

Gdy autoplacer (lub projektant) rozmieści elementy na płytce, należy rozmieścić ścieżki. Jeśli program zawiera tzw. *autorouter*, można to robić automatycznie. Jednak ogromna większość *autorouterów* zupełnie nie radzi sobie z układami analogowymi przy projektowaniu druku jednostronnego. Są przydatne tylko przy projektowaniu układów

cyfrowych na płytkach dwu- lub kilkuwarstwowych.

Etap rozmieszczania ścieżek zawsze zabiera dużo czasu. Nawet po wykorzystaniu autoroutera zawsze trzeba wprowadzić szereg poprawek.

Po zaprojektowaniu przebiegu ścieżek następuje etap sprawdzania projektu na zgodność ze schematem ideowym, czyli z wczytaną netlistą, oraz pod względem zachowania podstawowych zasad projektowania, w szczególności obecności wymaganych odstępów między ścieżkami i punktami.

Na koniec należy jeszcze uporządkować warstwę opisu.

Płytką jest gotowa do produkcji. Potem należy tylko wytworzyć odpowiednie zbiory dla naświetlarki czy fotoplotaera i dla wiertarki numerycznej.

Easytrax - siermiężna rzeczywistość

W Easytraxie nie ma ani autoplacera, ani autoroutera. Elementy i ścieżki musisz wprowadzić "na piechotę". Co prawda znajdziesz tu namiastkę autoroutera - polecenie Place Route ("P" "R"), ale nie na wiele się ono przyda. Polecenie to wykonuje połączenie między dwoma wskazanymi punktami, ale potrzebuje do tego dwóch warstw miedzi i umieszcza na płytce mnóstwo przelotek, czyli metalizowanych otworów. Umieść na ekranie kilka elementów bibliotecznych i sprawdź, jak działa to polecenie przy ustawieniu różnych grubości ścieżek ("C" "T") i średnic przelotek ("C" "V"). Uśmiejesz się do łez widząc efekty działania tego pseudoroutera.

Nie pomyśl jednak, że Easytrax to tylko zabawka - jest to naprawdę porządny i dobry program dla hobbystów. Pocięsz się, że nawet bardzo drogie programy zawierające autoplacer i autorouter nie radzą sobie z płytkami jednostronnymi - większość pracy i tak trzeba wykonać ręcznie.

Właściwie, moglibyśmy wreszcie zabrać się za projektowanie płytki drukowanej, ale trzeba zacząć od określenia jej kształtu i rozmiaru. Wiąże się to z problemem ogólnej wizji konstrukcyjnej urządzenia: wyborem obudowy, rozmieszczeniem płytek drukowanych w obudowie, uwzględnieniem elementów na płytach przedniej i tylnej, itp. To bardzo ważne zagadnienia i od ich omówienia zaczniemy następny odcinek tego serialu.

Piotr Górecki

Krok pierwszy - obudowa

A teraz zabierz się wreszcie za projektowanie płytki.

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 popełnij 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 śródtule.

Wielu zapalnych elektroników popełnia w tym miejscu brzemienne błędy. 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 oderwany od rzeczywistości elektronik zapomniał, 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 bibliotecznych. 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 wiercić otwory praktycznie w dowolnym miejscu. Ale obecnie na rynku można kupić mnóstwo przydatnych plastikowych obudów, i większość z nich wymaga określonego sposobu mocowania płytki.

Naucz 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 płyty czołowej, rozmieszczenie na niej elementów regulacyjnych, a także przewodów i gniazd zasilających.

Nie bądź nerwowo, wytrzymaj z bólami - najpierw przygotuj obudowę. Jeśli to możliwe - zrób "na gotowo" płytę czołową i płytę 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!

Nasz układ toru podczerwieni aktywnej będzie się składał z dwóch

plytek. Ponieważ jest to układ, który być może zostanie zainstalowany na wolnym powietrzu, więc obudowa powinna zapewnić ochronę przed wilgocią. Jak wiadomo, kąt promieniowania nadajnika i kąt "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 najprostszym przypadku 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**, sze-

rokość 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 ją jeszcze o około 0,5mm. Ponieważ pracujemy ze skokiem kursora 25mil, przyjmujemy szerokość 875 milsów. 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 (połączeniem "F1"), a ich rzeczywistą średnicę ewentualnie zaznacz okręgiem w warstwie Board-Layer lub lepiej Overlay.

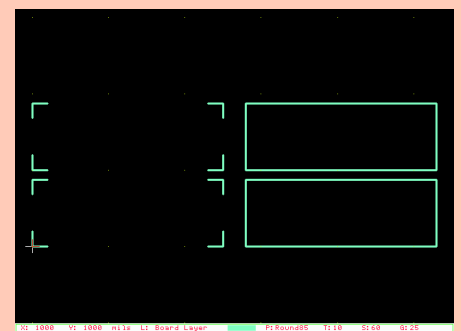
Ustaliliśmy wymiary. Narysuj teraz obrys nadajnika i odbiornika ścieżką o grubości 10mil. Przyjmij jako stałą zasadę, żeby dolny lewy róg płytki umieszczony był w punkcie o współrzędnych 1000, 1000 - krawędzie płytki będą oddalone od brzegów arkusza o 1 cal. Jest to ważne, ponieważ później, przy wykonywaniu 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.

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". W s p ó ł z e d n e 1000, 1000 zmienia 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

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.

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



Też to potrafisz

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 jako ścieżka w warstwie BottomLayer. Sam się na to kiedyś "naciąłem" przy projektowaniu płytki zasilacza. Występował tam transformator sieciowy, i jego oczka lutownicze umieszczone były blisko krawędzi płytki. Wszystkie było dobrze do momentu, gdy przylutowałem od strony ścieżek przewodów sieciowy. Po włączeniu napięcia sieci był huk, ogień i dym; zadziały 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 zapomniana ścieżka obrysu może poważnie obniżyć bezpieczeństwo użytkownika.

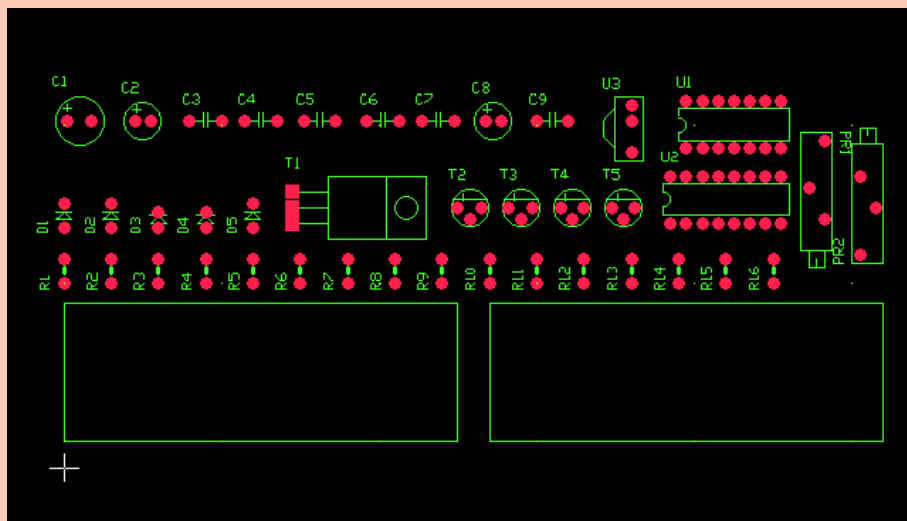
Natomiast, gdy nie zaznaczysz obrysu w warstwie BoardLayer, a tylko w w Overlayu, to bardzo utrudnisz sobie pracę przy ręcznym malowaniu i wierceniu płytek.

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

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

W razie wątpliwości należy to sprawy omówić jasno z wytwórcą płytek, ponieważ niektórzy wytwórcy 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 przedstawi Ci w następujących odcinkach. Będziesz wtedy pewny, że płytki i otwory pasują do



przewidzianej obudowy.

Rozmieszczanie 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 umieszczonych na płytce. 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**.

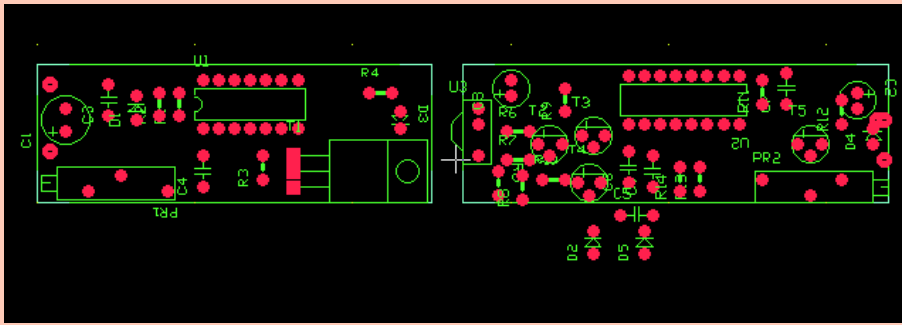
Przy korzystaniu z AutoTraxa, mógł-

byś 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 płytce tak, żeby płytka przypominała schemat ideowy. Taka metoda nie jest dobra, zwłaszcza nie daje się jej zrealizować, gdy na płytce występują układy scalone. Dlatego raczej należy wykształcić w sobie umiejętność takiego rozmieszczania 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 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.cz., 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) zaznażyłem 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 płytce.

Tu widzisz, że nawet "inteligentny" autoplacer nie poradzi sobie ze wszyst-

kimi problemami i niektóre kluczowe elementy należy rozmieścić ręcznie.

Większość autoplacerów (a także niektórzy konstruktorzy-esteci) rozmieszczają elementy w powiedzialbym, 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. 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 podobny 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.

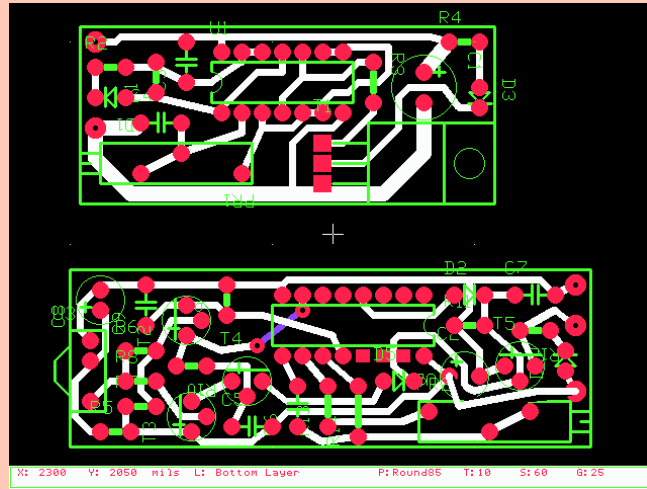
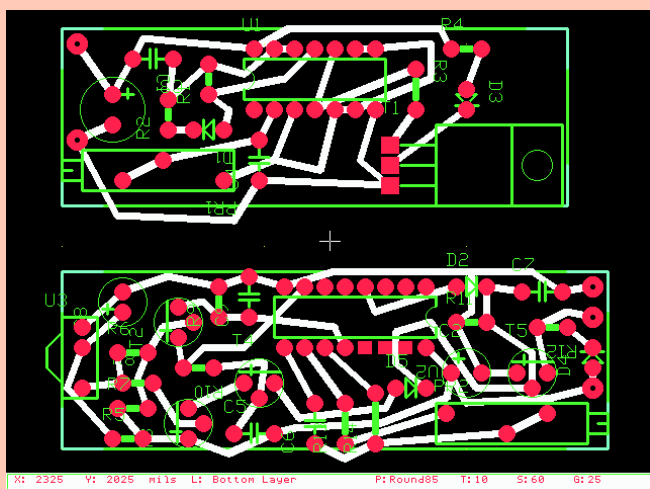
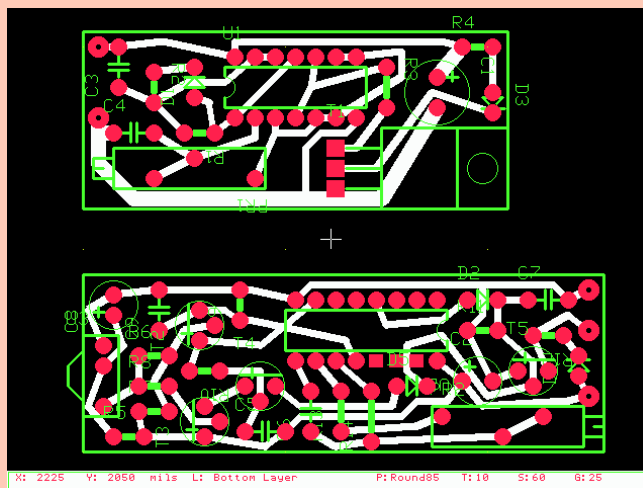
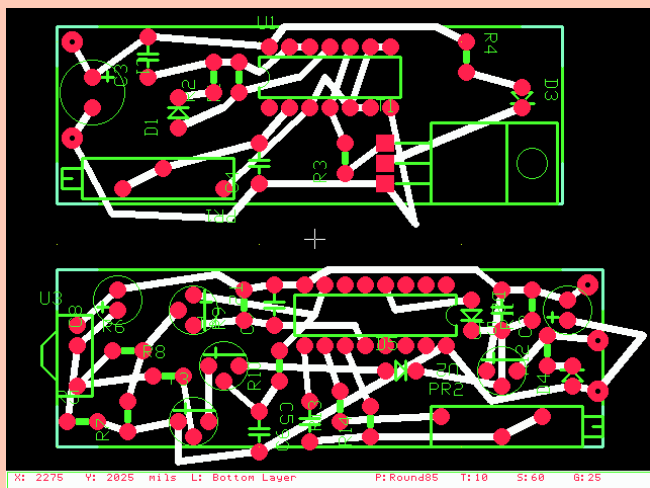
Oczywiście w Easytraxie nie możesz wczytać netlisty, ale doprowadziłeś jednak do bardzo podobnej sytuacji. Celowo zaproponowałem Ci taką kolejność prac, bowiem oto pracując z prostym Easytraxem stworzyłeś sytuację taką, jak przy wykorzystaniu zaawansowanych narzędzi. Gratulacje! Zaczynasz nabierać zdrowych,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

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 "przedobrzyć" 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 po-

Też to potrafisz



laceniami "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 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 płątaniu ścieżek i punk-

tów.

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 ślepią 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 ludź 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 jakby "z wyprzedzeniem", żeby przewidzieć, jakie korzyści i wady da przesunięcie

danego elementu. Z czasem nauczysz się pewnych chwytów i nabierzesz wprawy. Właściwego rozmieszczenia elementów 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.

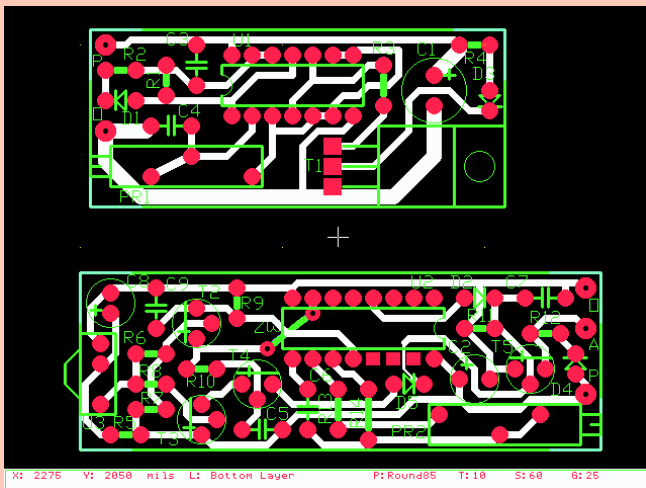
Ja ze swej strony mogę Ci podać tylko garść ogólnych wskazówek, resztę wypracujesz pomału sam.

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

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 zmieniać schemat ideowy, to powinieneś też zmodyfikować netlistę, żeby była zawsze aktualna.

Minimalna odległość między sąsiadu-



jącymi 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 odstępach 100mil, ale wtedy należy ustawić je, powiedzmy - na przemian. Przy kondensatorach powinieneś uwzględnić ich szerokość - dla kondensatorów stałych o pojemności do 100nF wystarczy odstęp równy 150mil.

Nie zapomnij, 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 potrzeby, 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.

Nauć się omijać sąsiednie połączenia. Porównaj poszczególne fazy pracy pokazane na rysunku 26 i **rysunek 27**, 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

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 zwykle oznaczenia V+, GND i V- albo VCC, GND, VEE. Dla Ciebie, wykorzystującego tylko Easytraxa nie ma to większego znaczenia, ale jeśli wykorzystywałeś 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 płytkę, 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

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.

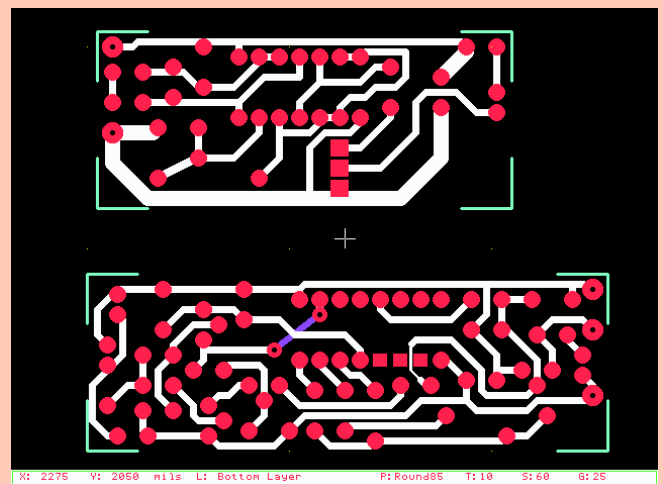
Nie zapomnij o zasilaniu układów scalonych. Często na schemacie ideowym nie zaznacza się końcówek zasilania, ale muszą one

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 pojawiają się przy automatycznym tworzeniu listy elementów (zazwyczaj jest to polecenie, lub w przypadku pakietu Easytrax, oddzielny program o nazwie BOM.EXE - Bill Of Material).

Jeśli nie do końca zrozumiałeś 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 28**. Zauważ, na tym rysunku (i na innych moich płytkach) prawie wszystkie ścieżki są załamane 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



Też to potrafisz

zdecydowanie nie polecam Ci załamania 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 zwarc.

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!

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" "Ask-For-Drag" "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 kosztownie dużo pracy.

Na naszej płytce nie zastosowaliśmy pełnego obrysu w warstwie Board-Layer, 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, bo- wiem ścieżka ta przebiegała zbyt blisko obrysu w warstwie Board Layer. Jednak ponieważ planujemy wiercić i malować płytki ręcznie, nie musimy tego powielać.

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 - wyrabiają 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 Bottom-Layer, umieścisz na ścieżce dwie przelotki ("P" "V") i przeniesiesz odcinek ścieżki między nimi do warstwy Top-Layer 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", określwszy uprzednio warunki poleceniami LayerSetup, RouterSetup, SeparationSetup i VariableSetup.

Końcowa kontrola druku

Zaprojektowaną płytkę musisz jeszcze dokładnie sprawdzić. Nabieraj dobrych przyzwyczajzeń - 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.

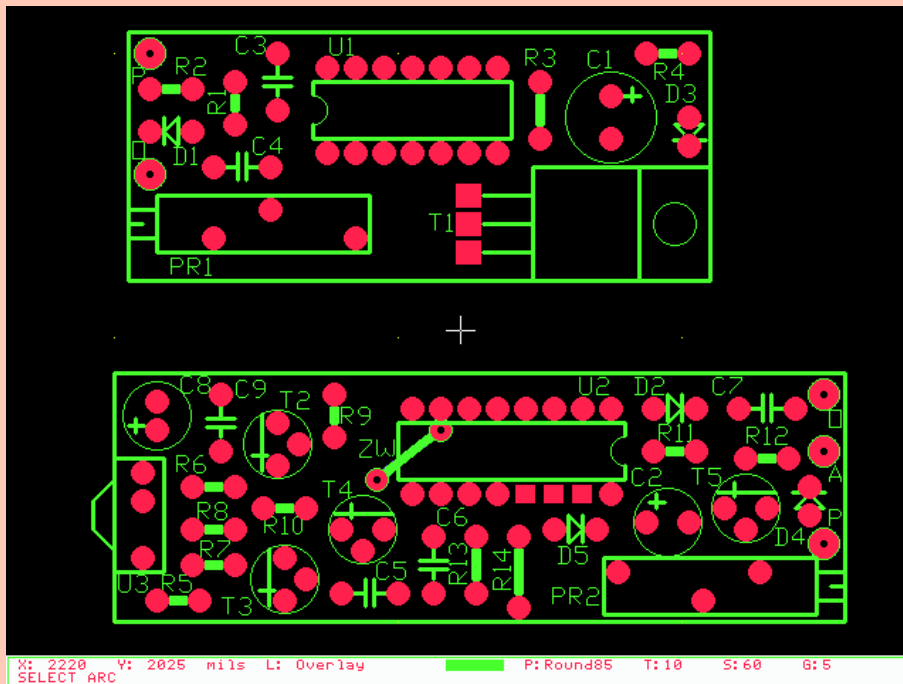
Mianowicie projektując płytkę w programie easyedit, włącz wszystkie używane warstw, przełącz czynną warstwę na BottomLayer i wykorzystaj polecenie Highlight Net. Ustawiaj kursor nad kolejnymi ścieżkami i punktami lutowniczymi i wykonaj "H" "N" "enter". Wszystkie połączone ścieżki (czyli jedna sieć) zostaną 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 odstępow 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

zbędną dokumentację produkcyjną. Zamijemy się tym w następnym odcinku.

Piotr Górecki



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.

Konieczniew 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 29.

Gdy uporządkujesz opis, twoja płytkajest 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 nie-