

Wielu Czytelników zna dobrze z doświadczenia sytuację, kiedy układ prawidłowo pracował „w pająku“, natomiast przeniesiony na płytę drukowaną sprawiał kłopoty w uruchomieniu bądź już nigdy nie zadziałał. Projektowanie obwodów drukowanych tylko pozornie wydaje się być drugorzędną dziedziną działalności rasowego elektronika.



Płytę drukowaną można porównać do fundamentu domu. Złe wykonany fundament nie gwarantuje możliwości bezpiecznego mieszkania, podobnie obwód drukowany może być przyczyną nieskończonej liczby kłopotów. Istotnie, płytka drukowana jest mechaniczną podstawą, na której zamocowane są prawie wszystkie elementy budowanego układu. Znany jest autorowi zespół konstruktor-ski, który przez kilka godzin potrafi dyskutować o wzajemnym położeniu wybranej, acz ważnej, grupy podzespołów, ich minimalnej odległości od siebie czy minimalnej szerokości ścieżek w danym węźle.

Projektowanie czegokolwiek przynosi dużo niewiadomych, jest procesem wielokryterialnym. Dlatego ważnym jest, aby na początku określić kryteria oceny, według których nasz projekt druku (czytaj: płytki drukowanej) możemy uznać za lepszy, inny zaś jako gorszy. Kryteria te będą przedstawione w miarę omawiania poszczególnych etapów procesu projektowania druku. Niedostosowanie się do tych zasad może być przyczyną różnych kłopotów.

Zanim podamy te kryteria, przyjmujemy, że nie popełniamy błędów w połączeniach wskutek złego odczytania schematu, czyli schemat, rozumiany jako układ połączeń elementów, bezbłędnie przenosimy na mozaikę połączeń. Technicznie oznacza to użycie służących do tych celów programów CAD - tzw. edytora płytek i edytora schematów. Takie programy mają matematycznie udowodnione, pod względem poprawności, reguły generacji listy połączeń czy kontroli poprawności projektowania. Na tym etapie nie wnikamy, jakie konkretnie programy zostaną użyte, bowiem zasady tu podane odnoszą się też do projektowania ręcznego.

Warto dodać, że te zasady odnoszą się do płytek bez ograniczeń zależnych od jednej lub kilku wielkości (np. od częstotliwości i napięcia). Takie projekty wymagają również uwzględnienia

wplywu tych parametrów. Będzie o nich mowa dalej. Na początek zajmijmy się projektami, w których satysfakcjonującym nas sukcesem jest zrealizowanie wszystkich połączeń. W praktyce elektronika - hobbisty przeważają takie właśnie projekty.

Podstawową zasadą, którą już teraz sformułujemy, jest kategoryczne i ścisłe oddzielenie procesu projektowania schematu od projektu druku. Wyrażać się ona będzie w zastąpieniu projektanta schematu, czyli konstruktora, projektantem druku. Nieważne, czy będą to fizycznie dwie różne osoby, czy ta sama. Idzie tu o zmianę sposobu spojrzenia na projekt - „tłumacz“, który realizuje funkcję podzespołów elektronicznych, musi stać się „tłumaczem“ już zrealizowanej funkcji na układ ścieżek łączących punkty lutownicze podzespołów rozmieszczonych na pewnej powierzchni. Projektant druku pełni zatem rolę służebną wobec konstruktora.

Etapy projektowania druku

W celu usystematyzowania procesu projektowania obwodu drukowanego należy wyróżnić 7 następujących etapów:

1. etap wstępny: dobór biblioteki prototypów obudów elementów użytych w projekcie, generacja listy połączeń,
2. rozmieszczanie podzespołów,
3. prowadzenie ścieżek,
4. minimalizacja liczby przelotek i zwor,
5. edycja wymiarów ścieżek i punktów lutowniczych,
6. edycja opisu elementów,
7. generacja programów sterujących naświetlaniem kliszy (maski) i wiertarką numeryczną.

Pierwszy i ostatni etap nie będą tu opisane, ponieważ stanowią one zespół rutynowych czynności i są pomostem między projektem schematu elektrycznego i projektowaniem druku z jednej strony oraz produkcją płytek drukowanych z drugiej.

Projektowanie obwodów drukowanych część 1

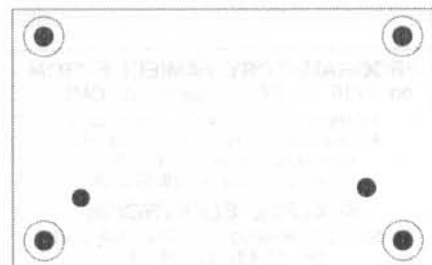
Rozmieszczanie podzespołów

Zanim rozpoczniemy rozmieszczanie podzespołów, trzeba określić kontury obrysu płytki.

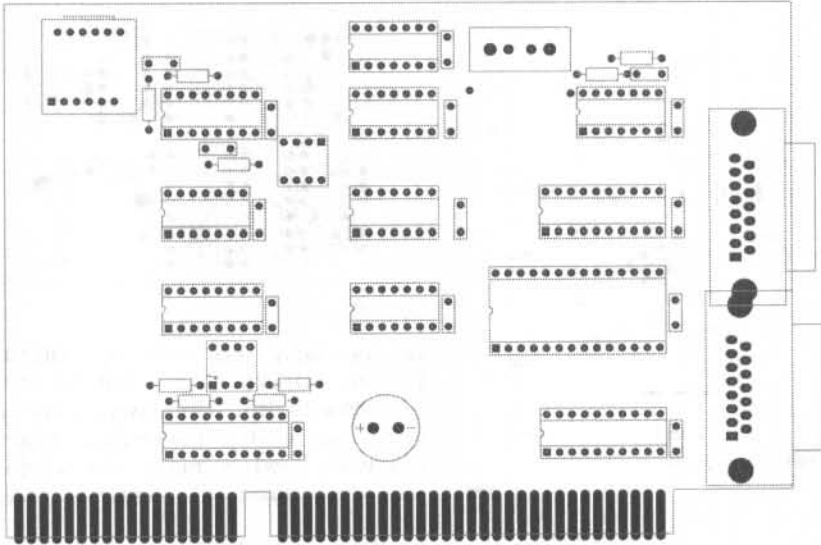
Jeśli wymiary i kształt konturu nie zostały ustalone, tym lepiej. Wystarczy narysować zarys prostokąta i po kłopotcie. W trakcie projektowania zawsze można skorygować długości jego boków.

Gdyby jednak obrys płytki był narzucony, należy go dokładnie odwzorować z uwzględnieniem nieodzownych elementów mechanicznych, np. otworów mocujących. Wskazane jest, aby po wykonaniu tych czynności już nie zmieniać położenia tych elementów. Trzeba wtedy dość czujnie posługiwać się poleceniami edycji blokowej, bowiem powierzchnią bloku wyboru łatwo również wskazać i te elementy rysunku, poddając je potem przemieszczeniu czy usunięciu. Jednym ze sposobów ustrzeżenia się przed taką sytuacją jest narysowanie ich na osobnej, wydzielonej (niesygnalowej) warstwie, z zasady nieużywanej w przypadku druków nieskomplikowanych.

Wokół otworów mocujących określamy obrys łba śruby (rys. 1). Wtedy już nie musimy obawiać się, czy ścieżka nie wejdzie pod nią bądź ustawiany podzespół zasłoni do niej dostęp z góry. Jest to szczególnie ważne podczas projektowania komputerowego, ponieważ rzadko który program potrafi na ekranie odwzorować rzeczywiste wymiary rysunku; czasem zdarza się, że karta graficzna dodatkowo zmienia proporcje wzdłuż osi pionowej względem osi poziomej. Projek-



Rys. 1.



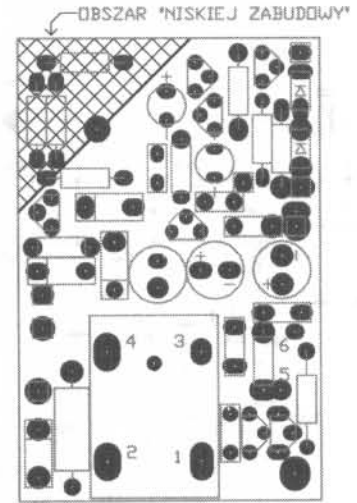
Rys. 2a.

tując ręcznie rysunek druku zazwyczaj wykonujemy go w powiększeniu i możemy o tym na chwilę zapomnieć, co również zaowocuje błędnym mniemaniem o faktycznych odległościach. Dodatkowe obrysy i zaznaczenia traktujemy jako pomocnicze i po zakończeniu projektowania trzeba je usunąć lub wyłączyć. Mogą tylko zaciemniać rysunek, a już nic nowego nie wniosą.

Program, po wczytaniu listy połączeń i listy podzespołów, pobiera z biblioteki potrzebne, wyspecyfikowane obrysy obudów i umieszcza te ostatnie w jednym miejscu niczym na stosie (rys. 3a). Rozmieszczanie podzespołów rozpoczynamy od postawienia na właściwym miejscu tych, które konstruktor wskazał. Konstruktor może zażądać ich konkretnego, niezmiennego położenia (np. złącza kra-

wędzowe - patrz rys. 2a), obszar występowania części z nich, ich wzajemną konfigurację i zgrupowanie (względny lokalizacji ważnych podzespołów, montażu czy późniejszego serwisu), obszary zakazane dla podzespołów (np. skośne, zwięzające prześwit podejście górnej części obudowy urządzenia do płytki) i ścieżek (w tym obszarze jest np. metalowa podpórka), obszary „niskiej zabudowy“ elementami (np. dwie płytki zachodzą na siebie - rys. 2b).

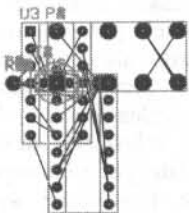
Pozostałe podzespoły, co do których nie było zaleceń, rozmieszczamy według zasady minimalnej długości połączeń. Należy dążyć do takiej sytuacji, aby odległości między punktami połączeniowymi były jak najmniejsze. Najlepiej by było, żeby wszystkie połączenia były liniami prostymi, ale oczywiście jest to możliwe niezmiernie rzadko. Większość programów do projektowania obwodów drukowanych posiada możliwość pomiaru odległości między punktami. Podają one ten parametr



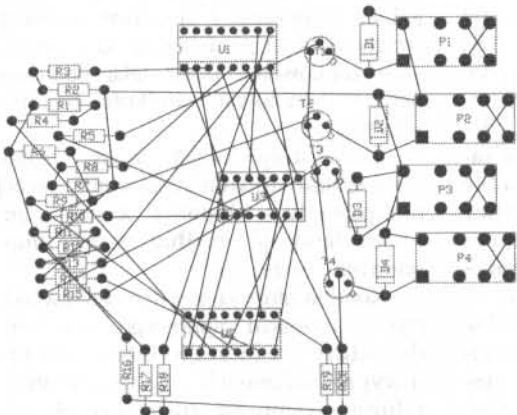
Rys. 2b.

jako sumę odległości wszystkich połączeń. Wybrane programy podają też inne dane związane z długością połączeń, np. długość ścieżek już wytyczonych, procent przekrycia płytki ścieżkami, odległości indywidualnych połączeń itp. Minimalizacja sumarycznej długości połączeń jest jednym z kryteriów poprawności projektowania druku. Przykłady stosowania tej zasady pokazano na rysunkach 3b, c, d, przedstawiających trzy coraz doskonalsze wersje ułożenia elementów i ich połączeń, charakteryzujące się coraz mniejszą sumaryczną długością połączeń, a więc również coraz mniejszą powierzchnią płytki.

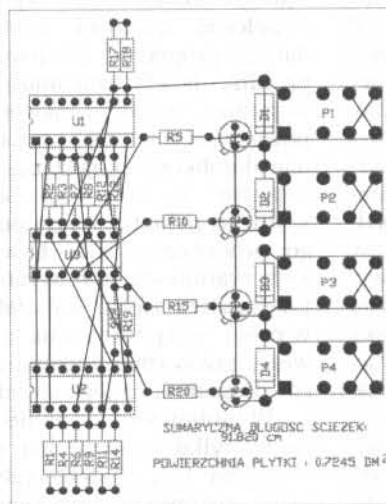
Bardzo pomocnym sposobem rozmieszczania podzespołów jest **sugestia schematem**. Schemat zazwyczaj jest tak rysowany, aby był przejrzysty, zaś podzespoły są grupowane pod względem funkcjonalnym, połączenia między nimi są wtedy krótkie i nie krzyżują się. Odległe połączenia są stosowane



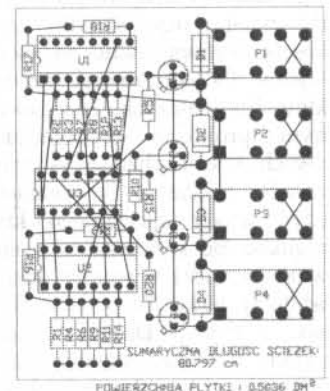
Rys. 3a.



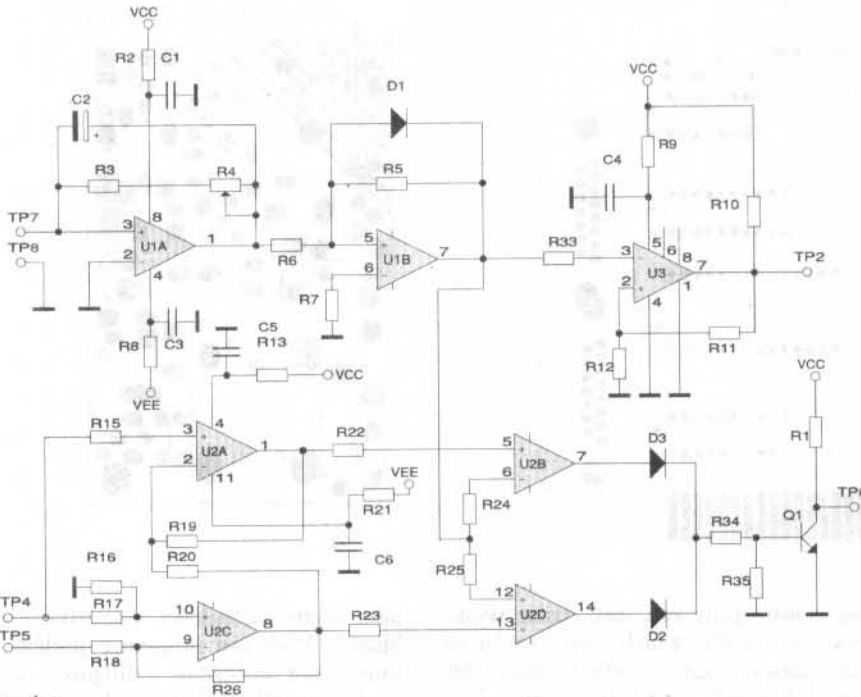
Rys. 3b.



Rys. 3c.



Rys. 3d.



Rys. 4a.

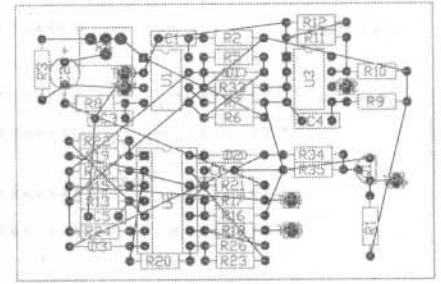
między blokami funkcjonalnymi i mogą być nieliczne. Ta metoda rozmieszczania ma zastosowanie głównie w przypadku projektowania układów analogowych i czasem nieskomplikowanych układów impulsowych (rys. 4), gdzie mamy do czynienia ze znaczną liczbą elementów dyskretnych. W przypadku skomplikowanych układów cyfrowych używamy tego sposobu w odniesieniu do całych szyn sygnałowych, traktując układ scalony jako element dyskretny (rys. 5).

Wiele słów uznania usłyszymy od monterów zaprojektowanej przez nas płytki, jeśli będzie ona łatwa do montażu i serwisu. Temu też służą wcześniej wspomniane rozmowy z konstruktorami układu.

Układy scalone ustawiamy zwrócone w jednym kierunku, czyli np. wycięciem do góry lub wycięciem w lewo i nigdy inaczej. Może to się odbyć nawet kosztem wydłużenia połączeń. Podzespoły dwukońcówkowe o wyprowadzeniach osiowych, jak rezystory, diody małej mocy, dławiki itp., a wielkością porównywalne ze sobą, projektujemy dla jednakowego rozstawu punktów lutowniczych. Nie należy w jednym projekcie przekraczać liczby dwóch...trzech charakterystycznych wymiarów rozstawu. Do montażu można użyć wtedy specjalnego krępownika zaginającego końcówki tych elementów, w ostateczności wystarczą dwa gwoździe wbite w deskę. Te podzespoły ustawiamy w rzędy. Diody, podobnie jak układy scalone, staramy się ustawić w jednym kierunku, jednak nie jest to aż tak krytyczne.

Kolejnym zatem aspektem poprawnego projektowania, który wynika z powyższych rozważań, jest użycie właściwie zaprojektowanych obrysów obwodów podzespołów, w gwarze projektantów obwodów drukowanych nazywanych po prostu obudowami (przez pojęcie obrysu obudowy należy rozumieć rzut pionowy obudowy elementu na płytkę). Wszystkie edytory obwodów drukowanych zapewniają tworzenie nowych obudów, ich dołączanie, wymianę ich rodzaju w projekcie, edycję, grupowanie w bibliotece. Oczywiście, producent oprogramowania dostarcza pewien standardowy zestaw biblioteczny, ale taki zestaw w niewielkim tylko stopniu przystaje do polskiej elektronicznej rzeczywistości, dlatego trzeba do niego podchodzić z rezerwą. Projektant jest skazany na samego siebie i na wymianę doświadczeń z innymi użytkownikami danego programu. Biblioteki obudów po kilku latach działalności projektowej mogą zawierać nawet 1000 niepowtarzających się prototypów. Są one dorobkiem projektanta, „przywiązującym” go w ten sposób do konkretnego pakietu programowego i jego producenta. Nikt bowiem w takich warunkach nie wyobraża sobie przebudowy efektu kilkuletniej pracy w celu przystosowania się do nowego, przeważnie zupełnie odmiennego programu innego producenta.

W bibliotekach panuje porządek znany tylko samemu ich użytkownikowi. Są tam charakterystyczne systemy kodowania oznaczeń obudów, grupowanych według pewnej specy-



Rys. 4b.

ficznej cechy lub cech, np. DIL14, DIL16, DIL20, czy R0.5W500, R0.25W400 itp. Obudowy, choćby tylko raz użytej, nie należy nigdy kasować, bowiem nigdy nie wiadomo, kiedy może być ponownie przydatna.

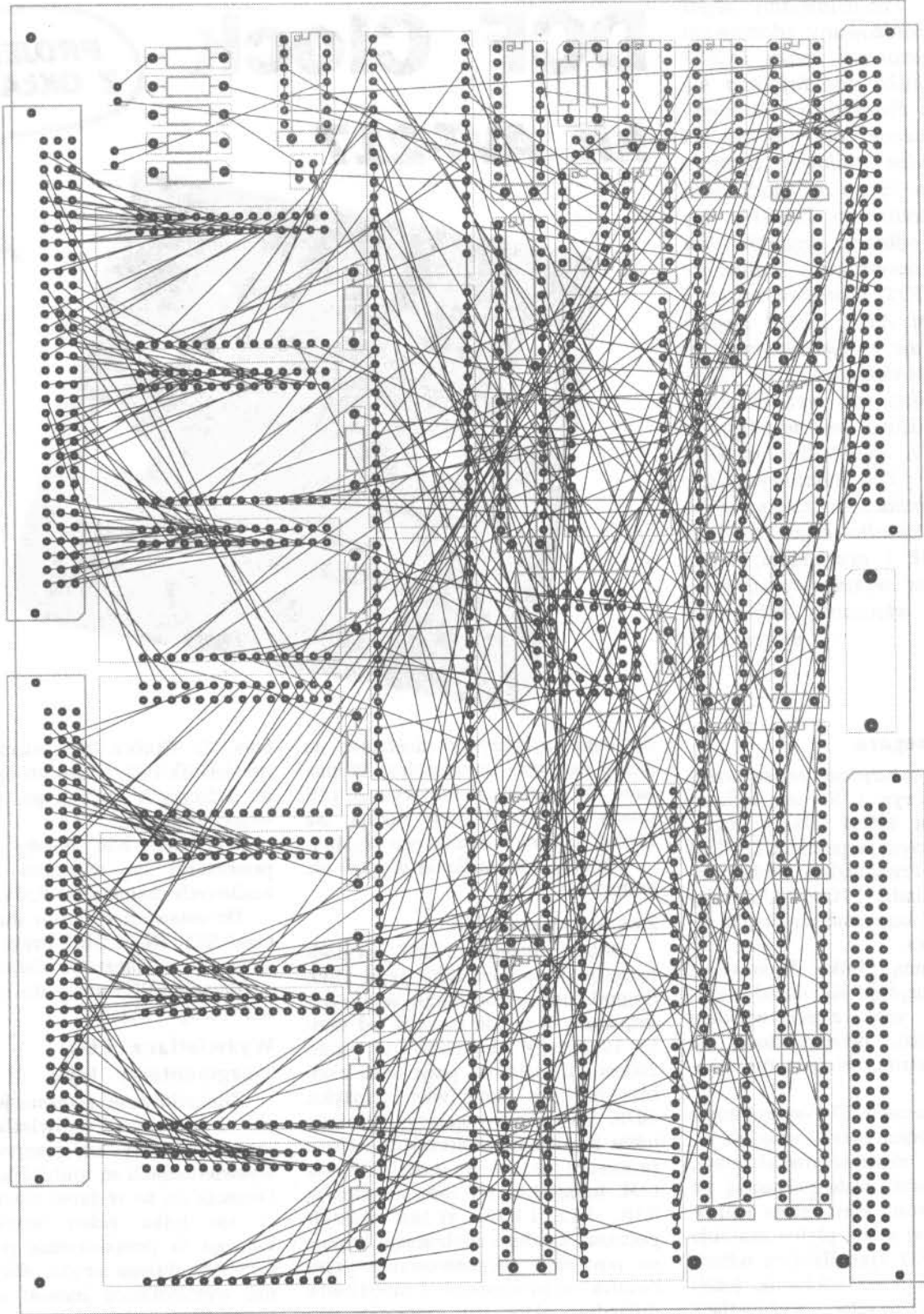
Wprawdzie istnieje praktyka wymiany prototypów obudów między projektantami, jednak sprowadza się ona do wymiany obudów szczególnie pracochłonnych do zaprojektowania i nietypowych.

Oprócz bibliotek, projektant tworzy własny zbiór prototypów punktów lutowniczych, określa standardową wysokość napisów, czasem ich orientację, charakterystyczne parametry wyświetlania i obecności atrybutów elementów druku.

W tym miejscu warto zwrócić szczególną uwagę na potencjometry montażowe. Na rynku spotyka się kilkadziesiąt rodzajów ich konstrukcji; wszystkie mają podobne parametry elektryczne, za to różne rozmieszczenie wyprowadzeń. Z powodu braku potencjometru w konkretnej obudowie montaż nie zostanie zakończony, a układ nie będzie uruchomiony, na rys. 6 pokazano kilka uniwersalnych obudów takich potencjometrów, które sprawdziły się i uratowały niejedną projekt przed przeróbkami, zaś producenta uniezależniły od kaprysów dostawców. Właściwie można by tak postąpić z każdym podzespołem, grupując serię najczęściej spotykanych obudów w jedną całość. Nie wolno jednak przesadzać z tą uniwersalnością, trzeba bowiem pamiętać, że o powierzchni zajmowanej przez taką obudowę będzie decydować wielkość tej największej.

Tranzystory małej mocy, będąc elementami trójkońcówkowymi, raczej nie powodują kłopotów z montażem - ustawiamy je według zasad omówionych wcześniej.

Kondensatory elektrolityczne, zwłaszcza do montażu pionowego, oraz kondensatory z dielektrykiem stałym o wyprowadzeniach promieniowych i dużej pojemności znamionowej, rzędu setek i tysięcy nanofaradów, war-



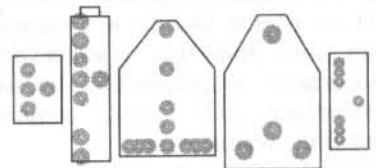
Rys. 5

to potraktować jak potencjometry montażowe i zaproponować na płytce opcjonalne rozmieszczenie nóżek. Kondensatory stałe o mniejszej pojemności są produkowane z rozstawem nóżek 5...7mm (ze wskazaniem na wymiar 5mm), czyli ok. 0,2 cala (o mierze calowej, ważnej w projektowaniu ob-

wodów drukowanych, opowiemy później).

Montaż tak zaprojektowanej płytki przebiega sprawnie i szybko, a liczba pomyłek (np. odwrotne wlotowanie układu scalonego) znacznie maleje.

Mirosław Lach



Rys. 6