

Część I

Podstawowe wiadomości o układach scalonych

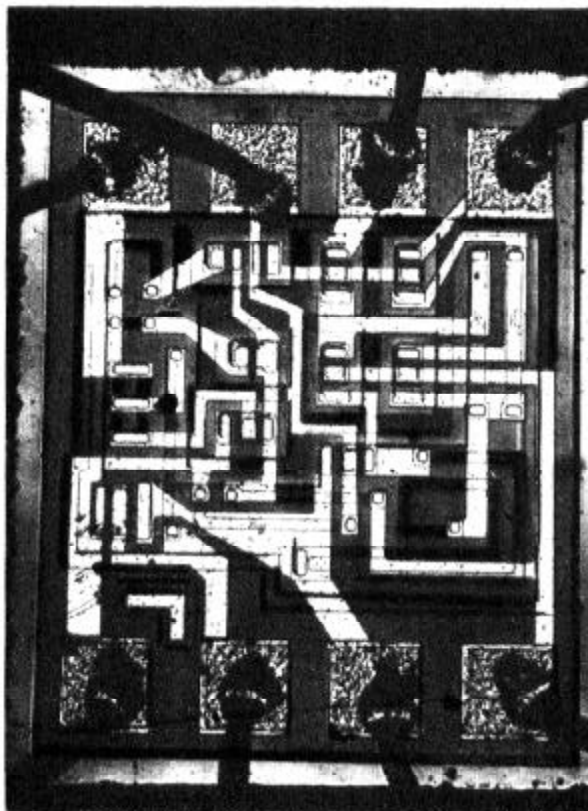
Przed niewielu laty wprowadzenie do masowej produkcji półprzewodnikowych układów scalonych spowodowało kolejny (po wprowadzeniu tranzystorów germanowych — po roku 1940 i krzemowych — po r. 1950) przewrót w elektronice. Trzy zasadnicze cechy układów scalonych spowodowały niezwykle ich rozwój: możliwość wykonania bardzo złożonych układów elektronicznych o bardzo małej objętości i ciężarze, bardzo duża niezawodność oraz znaczne obniżenie ceny urządzeń zawierających układy scalone. Dzięki tym ich cechom z układów scalonych można było budować urządzenia elektroniczne o nieosiągalnym dawniej stopniu komplikacji, a przy tym o doskonałej niezawodności i umiarkowanej cenie. Zalety te są niezwykle istotne nie tylko w zastosowaniach przemysłowych, lecz i w amatorskich. W niektórych krajach już od kilku lat elektronicy-amatorzy budują większość urządzeń używając układów scalonych. Dzięki niezwykle szybkiemu rozwojowi przemysłu półprzewodnikowego w Polsce, w bieżącym roku produkowane w kraju układy scalone po raz pierwszy trafiły do sklepów. Jest to jednak towar na razie prawie radioamatorom nieznany. Chcąc ułatwić używanie układów scalonych zamierzamy w cyklu artykułów omawiać poszczególne typy, opisując ich działanie, parametry i przykłady zastosowań.

Zacniemy od omówienia podstawowych cech wszystkich układów scalonych i podania ogólnych prawideł posługiwania się nimi.

Produkowane seryjnie i sprzedawane w Polsce układy scalone należą do grupy monolitycznych układów półprzewodnikowych. Układy tego rodzaju zawierają od kilku do kilkuset elementów, takich jak tranzystory, diody, oporniki i kondensatory, wykonanych wewnątrz płytki półprzewodnika, połączonych między sobą na powierzchni półprzewodnika siecią połączeń metalicznych, a następnie zamkniętych w obudowie metalowo-szklanej lub z tworzywa sztucznego. „Młody Technik” pisał kilkakrotnie bardziej szczegółowo o budowie i produkcji układów scalonych (ostatnio w numerze 1/74), toteż przypominamy tylko kilka wiadomości, z punktu widzenia użytkownika tych wyrobów najważniejszych.

Materiałem, w którym wykonuje się obecnie półprzewodnikowe układy scalone, jest cienka monokrystaliczna płytka krzemowa o przewodnictwie dziurowym (typu „p”). W płytce tej wykonuje się tzw. wyspy izolacyjne. Są to obszary o przewodnictwie elektronowym (typu „n”). Podłoże, czyli płytka typu „p”, jest następnie w gotowym układzie połączona z tym jego punktem, w którym w czasie pracy występuje najbardziej ujemne napięcie (najczęściej jest to „minus” zasilania). W ten sposób wszystkie wyspy izolacyjne tworzą w stosunku do podłoża diody półprzewodnikowe, do których dołączono napięcia w kierunku zaporowym. Jak wiadomo, oznacza to, że pomiędzy obszarami „wysp” a podłożem płyną niezmiernie słabe prądy. Wobec tego obszary „wysp” są od podłoża, a co ważniejsze — od siebie nawzajem elektrycznie odizolowane. Wewnątrz obszarów „wysp” wykonywane są elementy układu scalonego: tranzystory, diody i inne. Powierzchnia układu pokryta jest warstwą izolatora — dwutlenku krzemu. W tej warstwie wykonane są otwory nad tymi obszarami półprzewodnika, które stanowią na przykład emitory, bazy i kolektory tranzystorów, końcówki oporników itp. Wreszcie na warstwę izolatora nanoszona jest sieć ścieżek metalicznych, zwykle aluminiowych, które łączą w odpowiedni sposób poszczególne elementy układu. W odpowiednich miejscach do tych ścieżek dołącza się cienkie przewody aluminiowe lub złote, które następnie służą do połączenia układu z zewnętrznymi wyprowadzeniami.

Stosowane do wyrobu układów scalonych metody technologiczne są zasadniczo ograniczane przez parametry elementów tych układów. W układach tych więc nie spotyka się w ogóle indukcyjności. Trudne i niecelowe jest wykonywanie oporników o opornościach większych od około 50 kiloomów. Pojemności kondensatorów są ograniczone do wartości kilkudziesięciu, najwyżej kilkuset pikofaradów. Ponadto układ scalony jest tym tańszy, im więcej zawiera... tranzystorów, a mniej pozostałych elementów innego rodzaju. Przyczyny te spowodowały, że w układach scalonych stosowane są bardzo szczególne rozwiązania konstrukcyjne. Spotyka się tam zwykle układy elektroniczne zupełnie odmiennie pomyślane i zaprojektowane niż układy wykonywane ze zwykłych elementów. Najważniejszą chyba cechą rozwiązań układowych stosowanych w technice scalonej jest bezpośrednio, bez kondensatorów, łączenie wszystkich stopni wzmacniaczy i w ogóle wszystkich elementów, a następnie — częste wykorzystywanie diod



Wnętrze układu scalonego w bardzo dużym powiększeniu

i tranzystorów w tych miejscach, w których w zwykłych układach są używane oporniki.

Wspomniane wyżej cechy układów scalonych sprawiają, że trzeba pewnej wprawy, by móc je w pełni świadomie stosować bez obawy niewłaściwego działania lub uszkodzenia. Z omówionych wyżej właściwości konstrukcyjnych układów scalonych wynikają wnioski praktyczne, które mają charakter ogólny. Oto najważniejsze z nich:

1. Jak zabezpieczyć układ przed uszkodzeniem?

Najłatwiej dochodzi do uszkodzenia układu w przypadku, gdy którakolwiek z „wysp” izolacyjnych otrzyma napięcie w kierunku przewodzenia. Zaczyna wtedy płynąć prąd o dużym natężeniu, powodując przepalenie delikatnych ścieżek przewodzących lub cienkich przewodów doprowadzeń. Aby nie dopuścić do tego, należy pamiętać, że w zdecydowanej większości układów do żadnego z wyprowadzeń nie wolno doprowadzać napięcia ujemnego względem „minusa” zasilania lub bardziej dodatniego niż „plus” zasilania (chyba że

producent w danych katalogowych wyraźnie na to zezwala w stosunku do niektórych wyprowadzeń układu). Uszkodzenie układu nastąpi także prawie zawsze w przypadku odwrócenia biegunów napięcia zasilającego. Konieczne jest oczywiście przestrzeganie danych katalogowych: maksymalnego napięcia zasilania, maksymalnych wartości i znaków napięć doprowadzanych do innych niż zasilanie wyprowadzeń, maksymalnych wartości prądów płynących przez poszczególne wyprowadzenia. To ostatnie jest ważne zwłaszcza w przypadku wzmianczony mocy małej częstotliwości. Mogą one łatwo ulec uszkodzeniu, jeśli w czasie pracy nastąpi zwarcie w obciążeniu (oporność obciążenia bliska zera).

Układy scalone są tak projektowane, że jeśli wszystkie napięcia doprowadzone do nich mieszczą się w granicach przewidzianych przez producenta, a prądy nie przekraczają dopuszczalnych, to ustalają się w układzie samoczynnie właściwe warunki pracy wszystkich elementów. W tych warunkach uszkodzenie układu jest niemal nieprawdopodobne (chyba że układ jest wadliwy). Oznacza to, że stosowanie się do wskazówek producenta zapewni w każdym przypadku bezawaryjne działanie układu, a także zwalnia od bardzo nieraz kłopotliwego dobierania wartości elementów i badania warunków pracy tranzystorów, jakie często bywa konieczne w amatorskich urządzeniach tranzystorowych. Dzięki temu uruchamianie urządzeń z układami scalonymi jest zwykle bardzo proste.

Podczas montażu układów scalonych należy przestrzegać tych samych środków ostrożności, które stosuje się przy montażu tranzystorów krzemowych. Warto dodać, że tworzywa sztuczne używane na obudowy układów scalonych wytrzymują bez mięknięcia i odkształceń temperaturę lutowania stopami cyny z ołowiem. Nie jest jednak wskazane długotrwałe nagrzewanie wyprowadzeń, ponieważ różnice rozszerzalności cieplnej metali i tworzyw mogą spowodować powstawanie niezauważalnych gołym okiem pęknięć obudowy i pogorszenie jej szczelności, co może po pewnym czasie, w wyniku działania wilgoci, pogorszyć parametry układu.

2. Jak używać układu, by najlepiej wykorzystać jego możliwości?

Omówione wcześniej ograniczenia elementów układów scalonych, a także dążenie do zwiększenia ich uniwersalności powodują, że układy te na ogół nie są całkowicie kompletnymi, gotowymi do użycia urządzeniami i wymagają dołączenia z ze-

wnątrz pewnej, na ogół niewielkiej, liczby elementów. Najczęściej dołącza się z zewnątrz elementy, które są niezbędne dla właściwego działania budowanego urządzenia, a których nie można zrealizować wewnątrz układu scalonego. Są to więc obwody rezonansowe, kondensatory o dużych pojemnościach, potencjometry i kondensatory zmienne. Wiele układów scalonych jest tak pomyślanych, że przez zmianę wartości lub sposobu włączenia niektórych elementów zewnętrznych można uzyskiwać zmiany parametrów budowanego urządzenia, a nawet budować z tych samych układów urządzenia spełniające odmienne funkcje. Samodzielne dobieranie wartości elementów zewnętrznych czy też określenie sposobu ich włączenia wymaga często znajomości wielu wewnętrznych właściwości układu scalonego, nie podawanych przez producenta. Dlatego dla radioamatorów pozostaje korzystanie z typowych przykładów zastosowań danego układu scalonego, jakie podaje producent. Trzeba pamiętać, że przykłady te są wynikiem precyzyjnej analizy i dokładnej znajomości działania układu, i na ogół wskazują sposoby użycia układu scalonego najlepiej wykorzystujące jego możliwości. Istnieją jednak też układy o bardziej uniwersalnym charakterze, dające większe możliwości eksperymentowania. Eksperymenty takie można jednak doradzać tylko radioamatorom o dużym doświadczeniu, i to zawsze tylko w przypadku dokładnego zrozumienia konstrukcji układu i jego sposobu działania. Korzystanie z gotowych opisów urządzeń ma przy wykorzystywaniu układów scalonych tę zaletę, że zbudowane urządzenie nie wymaga najczęściej żadnej regulacji ani uruchamiania lub — co najwyżej — wymaga zestrojenia obwodów rezonansowych.

Pod względem zastosowań układy scalone dzielimy na dwie wielkie grupy. Pierwsza to układy zwane cyfrowymi. Są to układy przeznaczone głównie do maszyn cyfrowych, kalkulatorów i urządzeń impulsowych. Wykonują one określone operacje matematyczne i logiczne na sygnałach elektrycznych w postaci ciągów impulsów reprezentujących liczby w postaci zero-jedynkowej. Układy te są mało przydatne radioamatorom. Wszystkie pozostałe układy nie należące do wymienionej wyżej grupy noszą niezbyt precyzyjną nazwę — liniowych. Najciekawszą wśród układów liniowych grupę tworzą (z punktu widzenia radioamatora) układy przeznaczone do pracy w sprzeczności radiowo-telewizyjnym, magnetofonach, gramofonach itp. Układy tej właśnie grupy będą omawiane w dalszych artykułach.

Dr inż. Wiesław Kuźmierz