

SMD

część 1

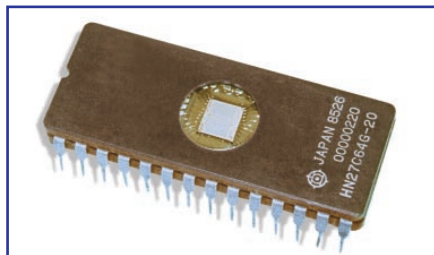
Poniższy dwuczęściowy artykuł powstał na wyraźną prośbę Czytelników EdW, którzy domagali się zarówno artykułu opisującego miniaturowe elementy SMD, jak i projektów wykorzystujących takie podzespoły.

W przyszłym miesiącu zostaną ogłoszone wyniki mini-konkursu-ankiety na temat zestawu AVT zrealizowanego z użyciem SMD.

Określenie SMD (Surface Mounted Devices - elementy montowane powierzchniowo) nieodłącznie związane jest z tendencjami do miniaturyzacji, które dawały o sobie znać od początku istnienia dziedziny zwanej dziś elektroniką. Oczywiście na początku historii elektroniki były lampy. Z miniaturyzacją lamp był duży kłopot, między innymi ze względu na wydzielanie się w nich dużych ilości ciepła, które trzeba było skutecznie odprowadzić do otoczenia. Niemniej jednak podejmowano próby budowy, jak byśmy dziś powiedzieli „lampowego układu scalonego“, zawierającego kilka lamp i pełniące określone funkcje. Takie twory nigdy nie weszły jednak do szerszego użytku.

Ogromnym krokiem w zakresie miniaturyzacji było wprowadzenie elementów półprzewodnikowych, diod i tranzystorów, a nieco później - układów scalonych. Wydawało się, że uzyskany tak stopień miniaturyzacji wystarczy do wszelkich zastosowań. W rzeczy samej - jeden układ scalony umieszczony w plastikowej czy ceramicznej obudowie z kilkudziesię-

sięcioma wyprowadzeniami mógł zawierać tysiące, a potem setki tysięcy tranzystorów. Z czasem okazało się, że potrzebne byłyby urządzenia pełniące dane funkcje, ale za-



■ Fot. 1 Pamięć EPROM w klasycznej obudowie DIL

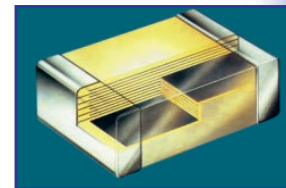
jmujące mniej miejsca i lżejsze. Zapotrzebowanie to wynikało nie tylko z potrzeby miniaturyzacji sprzętu profesjonalnego, zwłaszcza lotniczego i kosmicznego, ale także, a może przede wszystkim sprzętu powszechnego użytku.

Fotografia 1 pokazuje pamięć EPROM w klasycznej obudowie DIL (Dual in Line - dwurzędowej). Obudowy z takimi końcówkami nazywamy obudowami z końcówkami przewlekаныmi, bo wyprowadzenia umieszczone są w otwo-

rach płytki i lutowane ze strony przeciwnej niż obudowa. Fotografia 1 pozwala zauważyć, że sama struktura układu scalonego zawierająca setki tysięcy tranzystorów zajmuje stosunkowo niewielką powierzchnię, powiedzmy kilkudziesięciu

milimetrów kwadratowych, natomiast cała obudowa zajmuje powierzchnię ponad 750mm². Ewidentny dowód, że dalsza miniaturyzacja jest jak najbardziej możliwa.

I oto doszliśmy do techniki (technologii) montażu powierzchniowego. W literaturze najczęściej spotyka się właśnie skrót SMD oznaczające elementy do montażu powierzchniowego, jednak w wielu wypadkach powinno się mówić nie tyle o elementach ale całej technologii montażu powierzchniowego - w angielskim skrócie SMT. My w tym artykule nie będziemy używać skrótu SMT - pozostaniemy przy popularnym skrócie SMD, który polskiemu czytelnikowi jednoznacznie kojarzy się ze wszystkim, co dotyczy montażu powierzchniowego.

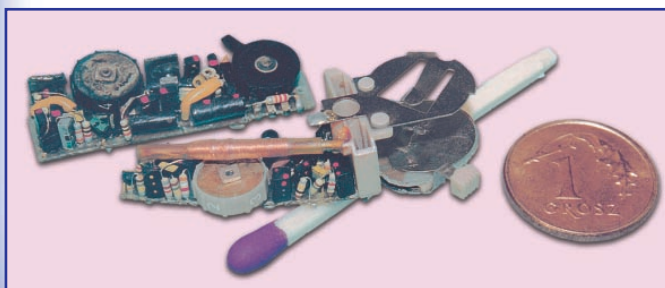


Łyk historii

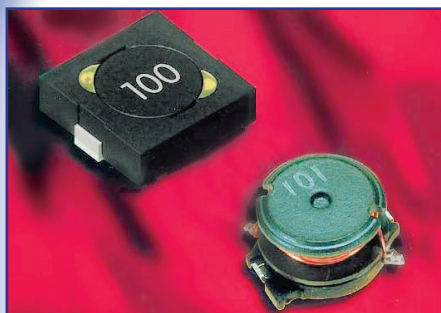
Początki techniki SMD sięgają wczesnych lat osiemdziesiątych. Właśnie wtedy ostatecznie okazało się, że stopień miniaturyzacji uzyskiwany za pomocą klasycznym elementów biernych i układów scalonych w dwurzędowych obudowach DIL jest zdecydowanie niewystarczający. Profesjonaliści konstruujący kosztowne urządzenia militarne, lotnicze, medyczne czy przemysłowe potrafili sobie i wcześniej poradzić, zamawiając potrzebne

układy i elementy w specjalnych obudowach, niekiedy właśnie mniejszych. Przykład masz na fotografii 2 przedstawiającej układ elektroniczny aparatu słuchowego. Osiągnięty stopień miniaturyzacji jest tu zadziwiający - zwróć uwagę zwłaszcza na mikroskopijne rezystory z klasycznymi wyprowadzeniami - ich długość jest mniejsza niż grubość zapałki! Oczywiście pokazana płytka została wykonana z wykorzystaniem typowego montażu przewlekane.

O ile więc konstruktorzy różnego drogiego sprzętu o specjalnym przeznaczeniu jakoś sobie radzili, o tyle konstruktorzy sprzętu powszechnego użytku musieli korzystać z



■ Fot. 2 Aparat słuchowy z epoki przed-SMD



■ Cewki do 4A

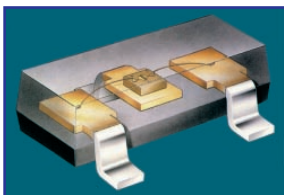
tanich, typowych elementów, które oferowali ówcześni wytwórcy, a więc między innymi z układów scalonych w obudowach DIL. Z innymi elementami było może troszkę lepiej, bo na przykład można było zamówić naprawdę małe rezystory. Może to zakrawać na ironię, ale poważną barierą w dalszej miniaturyzacji okazały się układy scalone i tranzystory.

I właśnie na początku lat osiemdziesiątych sytuacja dojrzała do zmian. Firma Philips oraz inni wielcy producenci podzespołów zaproponowali elementy w miniaturowych obudowach, zupełnie odmienne od dotychczasowych. Elementy przeznaczone do zupełnie innego sposobu montowania - elementy do montażu powierzchniowego - czyli SMD.

Była to bez żadnej przesady poważna rewolucja. Cała sztuka nie polegała bowiem jedynie na wyprodukowaniu nowych miniaturowych podzespołów. Nowych elementów nie można było wprowadzać stopniowo, by z czasem pomału wyparły dotychczasowe, większe.

Łatwo sobie wyobrazisz, że dotychczasowe automatyczne i półautomatyczne linie montażowe przeznaczone dla klasycznych elementów przewlekanych stały się bezużyteczne do montażu nowych, jakże odmiennych elementów. Słusznie się domyślasz, że także sposób lutowania miał być zupełnie inny. Tym samym poważny producent urządzeń elektronicznych, który decydował się na zastosowanie elementów SMD, jednocześnie decydował się na poniesienie ogromnych kosztów związanych z zakupem nowych urządzeń (automatów do montażu, stanowisk do lutowania), nie mówiąc o konieczności zmian w całym procesie montażu, testowania i uruchamiania.

Aby rewolucja SMD rzeczywiście się udała, jednocześnie musiały być spełnione kilka warunków. Elementy SMD powinny być dostępne w szerokim wyborze. Jednocześnie musiały być też dostępne wszelkie maszyny i urządzenia niezbędne w procesie produkcyjnym. Nowe elementy musiały być produkowane według takich samych, lub zbliżonych standardów,



by zapewnić wymiennność wyrobów różnych producentów. Nowe miniaturowe bezkońcówkowe elementy siłą rzeczy były bardziej podatne na uszkodzenie wskutek przegrzania, a jednak wypadkowa niezawodność wyrobów z elementami SMD nie mogła się pogorszyć. I co bardzo ważne - nowe, mniejsze elementy nie mogły być znacząco droższe od poprzednio stosowanych.

Nie masz chyba wątpliwości, że nowe, radykalnie mniejsze elementy SMD z założenia nie są przeznaczone do montażu ręcznego. Od początku miały to być elementy do masowej produkcji, umieszczane na płytkach za pomocą automatów (choć oczywiście ręczny montaż prototypów jest możliwy i celowy).

Wspomniane warunki zostały spełnione. Rewolucja SMD stała się faktem.

Obecnie większość produkowanych na świecie elementów elektronicznych to właśnie elementy SMD. Do dziś używamy określenia „elementy w obudowach klasycznych” dla elementów do montażu przewlekane. Tymczasem od kilku lat na miano „klasycznych” zasługują raczej elementy SMD. Dziś sporo układów scalonych produkowanych jest wyłącznie w wersji SMD, co niewątpliwie martwi hobbystów, którzy może chcieliby zastosować takie kostki w swoich (przewlekanych) konstrukcjach. Nic z tego. Zainteresowanie niektórymi układami umieszczonymi w obudowach „przewlekanych” jest znikome i właśnie dlatego nie są one przez nikogo produkowane.

Na szczęście dla hobbystów oferta kostek w obudowach DIL jest póki co bardzo szeroka, a wiele kostek SMD daje się w prosty sposób wykorzystać w „przewlekanych” płytkach przy użyciu specjalnych podstavek.

Wymiary

Przed wszystkim raz na zawsze powinniśmy zapamiętać klucz do rozkodowania oznaczeń spotykanych powszechnie w przypadku elementów SMD. Jeśli cokolwiek na ten temat czytałeś, na pewno natknąłeś niezrozumiałe oznaczenia w postaci liczb, na przykład 1206, 0603, czy 0805. Jest to jedynie określenie wymiarów zewnętrznych. Cztery cyfry trzeba rozumieć jako dwie dwucyfrowe liczby określające długość i szerokość. Czyli 1206 to element (rezystor lub kondensator) o wymiarach 12 x 6, a 0603 to wymiary 6 x 3. Ale jakich jednostek?

Cóż, rzeczywiście test to trochę dziwne - chodzi o dziesiątki milsów. Jeśli jeszcze nie wiesz, co to jest mils, to zapamiętaj, że jest to jedna tysięczna cala. Stąd 10 milsów to 10



■ Cewki w wersji SMD

x 1/1000 x 25,4mm czyli 0,254mm. W przybliżeniu możesz spokojnie przyjąć, że 10 milsów to ćwierć milimetra.

A więc element oznaczony 1206 ma wymiary 12x0,25mm=3mm na 6x0,25=1,5mm. Maleństwo, prawda?

Wcale nie! Jedynie na początku ery SMD elementy o wielkości 1206 mogły być uważane za małe, a właściwie za standardowe.

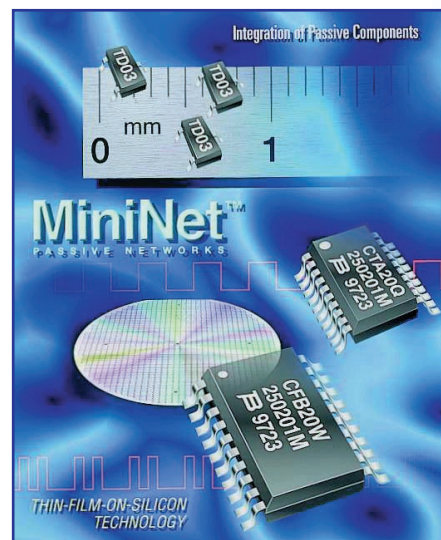
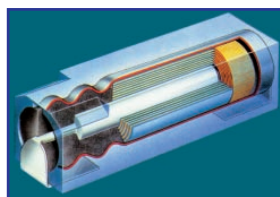
Dziś typowo stosowane rezystory i kondensatory ceramiczne mają wielkość 0603 czyli 1,5 x 0,75mm.

Maleństwa? Także już nie. Liczni producenci intensywnie reklamują elementy wielkości 0402 (1 x 0,5mm), a niektórzy, np.

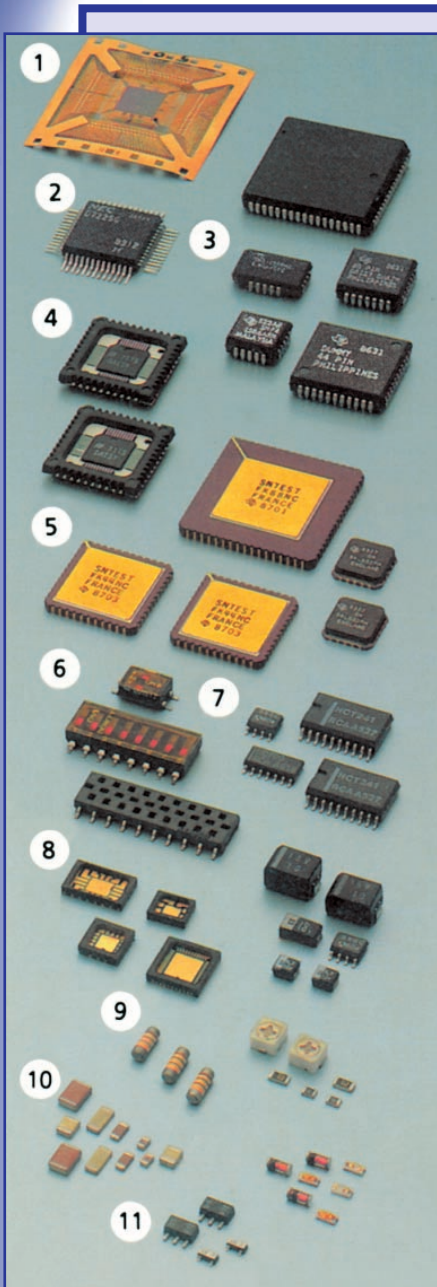
japońska firma Murata wprowadzają kondensatory wielkości 0201 (około 0,5 x 0,25mm). Czyżby już niedługo miały się pojawić elementy 01005 (0,25 x 0,125mm)? To rzeczywiście nawet teraz, w roku 1998 jest dość trudne do wyobrażenia.

Jednak powszechne wprowadzanie do produkcji coraz mniejszych elementów wcale nie jest takie oczywiste. Trzeba bowiem pamiętać, że wraz z postępującą miniaturyzacją gwałtownie rosną pewne istotne problemy.

Na przykład potrzebne są nowe maszyny - automaty montażowe. Ale to nie wszystko.



■ Zespoły elementów biernych firmy Bourns



Rodzaje obudów SMD:

1. Tape Automated Bonding (TAB)
2. „Gull Wing“ Flat Package (PLCC, CLCC)
3. „J-lead“ Flat Package (PLCC, CLCC)
4. Chip Pack
5. Leadless Ceramic Chip Carrier (LCCC)
6. Przelącniki SMD
7. Standard Outline Integrated Circuits (SOIC)
8. Leadless Plastic Chip Carrier (LPCC)
- 9 i 10. Rezystory , kondensatory i diody
11. Standard Outline Transistors (SOT)

Nie wystarczy dokupić jeszcze jeden automat do linii produkcyjnej. Jeśli przynajmniej niektóre elementy mają być bardzo małe, to wymagana jest wysoka precyzja wykonania płytki drukowanej, ścieżek, pól kontaktowych, itp. Zwiększenie gęstości upakowania nieodłącznie wiąże się z koniecznością zastosowania jeszcze cieńszych ścieżek i jeszcze mniejszych odstępów między ścieżkami i elementami. Potem nie tylko elementy muszą być umiejscowione precyzyjnie na swych miejscach (pomyśl z jaką dokładnością musi być pozycjonowany element 0201), ale też podczas lutowania nie mogą stworzyć się mostki cyny pomiędzy sąsiednimi ścieżkami czy elementami. Czyli krótko mówiąc, wraz ze zmniejszaniem wymiarów elementów rosną wymagania co do precyzji całego procesu technologicznego.

Ale nie są to jedyne bariery związane z szaloną miniaturyzacją. Pewnych zagadnień nie da się przeskoczyć. Oto przykład.

Gdy ja zaczynałem swą przygodę z elektroniką, my, amatorzy uważaliśmy oporniki MET o mocy 0,5W za typowe małe rezystory. Tak, w tamtych czasach rezystory MET o mocy 0,5W, tak zwane „połówki“ uważaliśmy za małe, a zdobycie „ćwiartki“ nie było wcale łatwe, nie mówiąc o „ósemkach“. Dziś standardem są małe oporniki, częstokroć mniejsze od ówczesnych 250-miliwatowych, a mające znacznie większą moc strat.

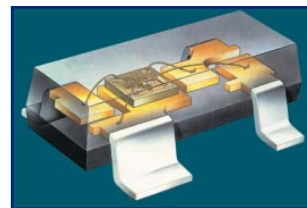
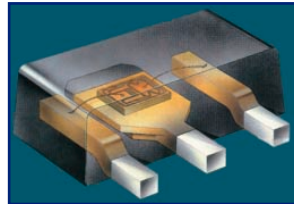
Jeśli chodzi o rezystory do montażu powierzchniowego, zmniejszenie wymiarów nie jest jedynym celem. Można dziś produkować maleńkie rezystory SMD, ale problem polega nie tylko na precyzji montażu. Jak wiadomo, w rezystorach przy przepływie prądu wydziela się jakaś moc strat w postaci ciepła. Jeśli element jest bardzo mały, czyli ma małą powierzchnię, z trudem oddaje to ciepło do otoczenia. Tymczasem postępująca miniaturyzacja doprowadziłaby do tego, że wspomniany rezystor o wielko-



■ Kondensatory elektrolityczne SMD

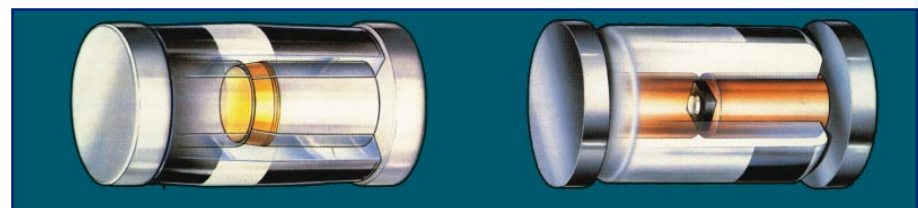
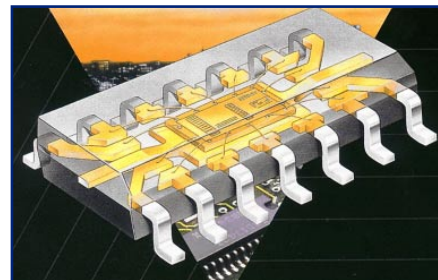
ści 01005 miałyby, powiedzmy, tylko 1mW mocy strat. I to jest kolejna nieprzekraczalna bariera miniaturyzacji - przecież niektóre rezystory muszą mieć większą moc strat.

Podobnie jest z kondensatorami. Tu kluczowe znaczenie ma dielektryk. Przy większych napięciach pracy dielektryk musi być odpowiednio grubszy, a to oznacza zmniejszenie pojemności. Możemy przyjąć z dość dobrą dokładnością, że dla danego dielektryka iloczyn pojemności i napięcia pracy jest dla danej objętości tego dielektryka wartością stałą. Czyli zwiększając napięcie pracy, uzyskamy mniejszą pojemność. Można to jeszcze bardziej uprościć i powiedzieć, że dla danego dielektryka stosunek pojemności przypadającej na jednostkę objętości jest wartością stałą. Nie ma na to rady. Co prawda poszukuje się wciąż nowych materiałów, ale jakiejś specjalnej rewolucji oczekiwać tu nie należy - mamy więc najpopularniejsze w technice SMD kondensatory ceramiczne, ma-



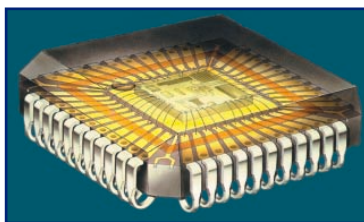
my elektrolity, zarówno tantalowe, jak i aluminiowe, mamy wreszcie kondensatory foliowe.

W przypadku cewek i transformatorów małe wymiary nieodłącznie wiążą się ze zdolnością zmagazynowania niewielkiej energii i tym samym małą indukcją. Typowe mikroskopijne ceweczki mają indukcję rzędu co najwy-



żej pojedynczych mikrohenrów, ale w razie potrzeby dostępne są też cewki przeznaczone do montażu SMD o znacznie większych wymiarach i indukcyjnościach, dochodzących do kilku henrów. W tym miejscu należy wyraźnie podkreślić, że określenie SMD, niektórym kojarzące się wyłącznie z miniaturyzacją, w rzeczywistości wskazuje nie na miniaturyzację, tylko na sposób montowania elementów - SMD to przecież elementy montowane powierzchniowo. Mogą wśród nich być, i są, podzespoły o większych wymiarach, na przykład właśnie cewki o dużej indukcyjności czy tranzystory mocy.

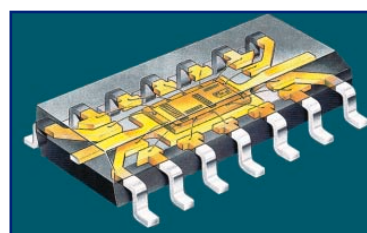
Na szczególną uwagę zasługują tu elementy półprzewodnikowe o większej mocy strat. Również i tu tendencja do miniaturyzacji stoi w jaskrawej i nieprzewidywalnej sprzeczności z koniecznością skutecznego odprowadzania ciepła. Jak wiadomo, we wszystkich rzeczywistych układach ciepło stanowi niepożądany, a nieunikniony produkt uboczny. Stosuje się różne chytne sposoby, aby zmniejszyć ilość wydzielanego ciepła, ale w niektórych zastosowaniach niewiele da się zrobić i znaczne ilości wydzielanego ciepła trzeba skutecznie odprowadzić do otoczenia, by nie przegrzać elementu lub całego układu.



W niniejszym artykule nie będziemy wchodzić w (bardzo zresztą ciekawe) szczegóły.

Wystarczy powiedzieć, że główną rolę w odprowadzaniu ciepła z elementów SMD mają... ścieżki płytki drukowanej, a niektóre układy z elementami SMD są montowane nie na „zwykłych“ płytkach drukowanych z laminatu, tylko na przykład na płytkach ceramicznych, które oprócz posiadania innych cennych właściwości dobrze przewodzą ciepło i znakomicie pomagają rozprzewodzić je do otoczenia. Może też zdziwił się, gdy się dowie, że dobrze przemysłana i dopracowana konstrukcja układów scalonych SMD pozwala uzyskać znacznie mniejszą rezystancję termiczną obudowy, niż rezystancja tych samych układów w „klasycznych“ obudowach DIL. Oczywiście cudów nie ma - w przypadku miniaturywnych elementów mamy do czynienia z mocami rozpraszanymi poniżej 1W, niemniej jednak uzyskane parametry termiczne są często kłopotliwie zadziwiające.

Zadziwiająca jest też historia miniaturyzacji różnych elementów elektronicznych, które



■ Cewki do 10 μ H, do 30A

określilibyśmy mianem nietypowych. Dziś bez trudu można nabyć nie tylko układy scalone, tranzystory, diody, rezystory i kondensatory w wersjach SMD. Liczni producenci proponują dziś diody świecące (LED) w wersji SMD, i co może być jeszcze bardziej zadziwiające, potencjometry montażowe, różnego rodzaju przełączniki, cewki indukcyjne, transformatory a także wiele rodzajów złącz.

Tyle w pierwszej części artykułu, przedstawiającej w ogólnym zarysie elementy do montażu powierzchniowego. Za miesiąc zostaną podane informacje na temat montażu i lutowania, w tym także cenne wskazówki dotyczące montażu ręcznego w warunkach amatorskich.

Piotr Górecki