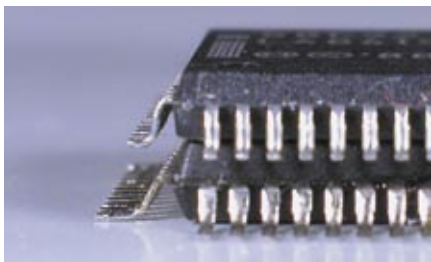


# Montaż elementów SMD, część 2

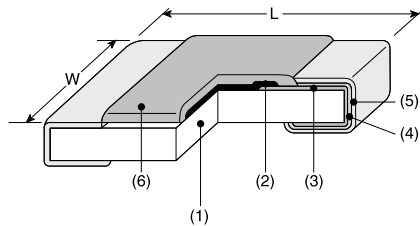
Biorąc pod lupę współczesne, seryjne urządzenie elektroniczne stwierdzimy, że coraz trudniej doszukać się w nim tradycyjnych podzespołów przewlekanych. Dominacji techniki montażu powierzchniowego (SMT – Surface Mount Technology) opiera się jedynie część elementów dużej mocy, a także nieliczne podzespoły o znacznych gabarytach (duże kondensatory elektrolityczne) lub obciążające płytkę mechanicznie (złącza, przełączniki).

Pewnym ułatwieniem w czytaniu i porównywaniu dokumentacji różnych producentów jest to, że ich zdecydowana większość (przynajmniej w odniesieniu do układów scalonych) stosuje w publikowanych rysunkach identyczną symbolikę i zasady wymiarowania zgodne z zasadami sformułowanymi przez JEDEC. Z naszego punktu widzenia, najważniejszymi parametrami potrzebnymi do identyfikacji obudowy, a zarazem stosunkowo łatwymi do zmierzenia są:

- N – liczba wyprowadzeń.
- D1 – długość korpusu. W obudowach dwurzędowych (SO) mierzona w kierunku równoległym do rzędów wyprowadzeń.
- D – całkowita długość obudowy, łącznie z wyprowadzeniami. W obudowach SO z uwagi na



Fot. 7. Mimo zgodności zasadniczych wymiarów (D1, E1, e, N), na pozór podobne obudowy mogą istotnie różnić się profilem wyprowadzeń



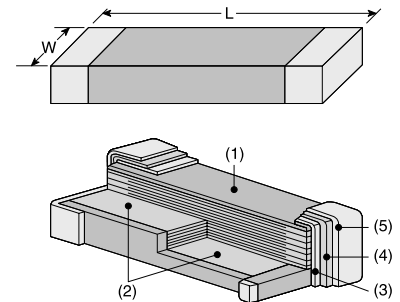
Rys. 8. Przekrój grubowarstwowego rezystora SMD: (1) podłoże ceramiczne (ceramika alundowa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), (2) warstwa rezystywna, (3) elektroda wewnętrzna (Ag), (4) warstwa Ni (bariera zapobiegająca rozpuszczaniu srebra podczas lutowania), (5) pokrycie cynowo – ołowiowe (stop SnPb), (6) szklivo ochronne

tożsamość  $D=D1$  podaje się tylko jeden wymiar D. W obudowach QFP wymiary te oczywiście się różnią.

- E1 – szerokość korpusu. W przypadku SO mierzona w kierunku prostopadłym do rzędów wyprowadzeń, czyli równoległym do osi samych końcówek.
- E – całkowita szerokość obudowy uwzględniająca również długość wyprowadzeń.
- e – raster wyprowadzeń. Często spotykany przy tej wartości skrót „BSC” oznacza średni odstęp pomiędzy osiami nóżek.
- A – całkowita wysokość obudowy, mierzona od płaszczyzny posadoczenia. Tworzą ją dwa składniki: A1 – odstęp dolnej płaszczyzny obudowy od PCB oraz A2 – grubość samego korpusu. Zwróćmy uwagę, że wartość A1 (czyli podniesienie układu „na łapach”) decyduje w praktyce o możliwo-



Fot. 9. Rezystor 0805



Rys. 10. Przekrój wielowarstwowego kondensatora ceramicznego (MLCC): (1) dielektryk ceramiczny, (2) metalizacja okładzin (Ag), (3) elektroda wewnętrzna (Ag), (4) warstwa niklu (Ni), (5) pokrycie cynowo – ołowiowe (stop SnPb)

ści umieszczenia pod układem przelotek (np. nitowanych lub lutowanych) wystających ponad płaszczyznę prototypowej płytki drukowanej.

Niestety nawet zgodność rastra i liczby końcówek zazwyczaj nie oznacza wymienności obudów z różnych serii. Spłaszczaniu korpusów towarzyszy jednocześnie zmiana profilu i skracanie wyprowadzeń (fot. 7). Dlatego w każdym przypadku konieczna jest dokładna weryfikacja zgodności wymiarów podzespołu z rysunkiem pól lutowniczych.

Po tym teoretycznym wstępie możemy przystąpić do przeglądu

Tab. 3. Obudowy SMD typu „chip” – najczęściej używane rozmiary						
Ozn. EIA (calowe)	Ozn. JIS (metryczne)	L[in]	W[in]	L[mm]	W[mm]	P <sub>max@70°C</sub> [W]
0402	1005	0,040	0,020	1,0	0,5	0,0625
0603	1608	0,060	0,030	1,55	0,85	0,100
0805	2012	0,080	0,050	2,0	1,25	0,125
1206	3216	0,120	0,060	3,2	1,6	0,25
1210	3225	0,120	0,100	3,2	2,5	0,4
1812	4232	0,177	0,126	4,5	3,2	0,5
2010	5025	0,200	0,100	5,0	2,5	0,75
2512	6332	0,250	0,120	6,3	3,15	1,0



Fot. 11. Kondensatory ceramiczne MLCC w obudowach 0805 i 1206

najczęściej stosowanych podzespołów SMD, koncentrując się przede wszystkim na obudowach nadających się do ujarzemia w warunkach warsztatowych. Zaczniemy od przedstawienia „drobnicy”, tzn. elementów biernych, diod i tranzystorów. Przechodząc do układów scalonych, zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami, pominiemy milczeniem (przynajmniej na razie) istnienie całej, bardzo licznej klasy BGA, a także rosnącej rodziny układów QFN. Zajmiemy się zatem obudowami z wyprowadzeniami typu „J” czyli SOJ i PLCC, oraz znajdującymi się obecnie w powszechnym użyciu obudowami z wyprowadzeniami typu „gull-wing” tzn. z rodzin SOIC/SOP oraz QFP. Każdy z typów będzie zilustrowany zdjęciem, uproszczonym rysunkiem zawierającym podstawowe wymiary niezbędne do identyfikacji oraz krótkim komentarzem.

**Obudowy typu „chip”**

W tej postaci występuje większość elementów zaliczanych do podstawowej „drobnicy” takich, jak rezystory, kondensatory ceramiczne, dławiki, ale także np. bezpieczniki topikowe, diody LED, termistory NTC czy miniaturowe czujniki Pt100. Mimo zasadniczych różnic w technologii wykonania zawsze mają tę samą formę prostokątną z metalizowanymi elektrodami na dwóch przeciwległych bokach (rys. 8, 10; fot. 9, 11). Ich oznaczenie składa się z pisanych łącznie dwóch liczb określających znormalizowane wymiary (długość, szerokość), najczęściej wyrażone w setnych częściach cala (0,01”=10 mils) (tab. 3). W przypadku obudów „chip” powszechnie

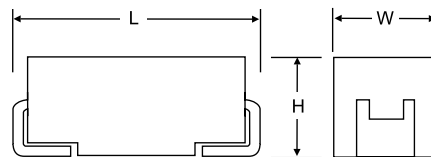
Symbol (calowy)	L[in]	ΦD[in]	L[mm]	ΦD[mm]
0805MELF	0,08”	0,05”	2,0	1,27
1206MELF	0,12”	0,06”	3,0	1,5
1406MELF	0,14”	0,06”	3,56	1,5
2309MELF	0,23”	0,09”	5,84	2,29

przyjęło się stosowanie miary calowej, aczkolwiek w użyciu znajdują się także równoważne oznaczenia metryczne. Wyprowadzenia zajmują bok oznaczony drugą z liczb (szerokość) – najczęściej będzie to mniejszy z dwóch wymiarów. Np. rezystor 0805 ma długość 0,08” i szerokość 0,05” (2,0 mm x 1,25 mm) a wyprowadzenia znajdują się na jego węższych bokach. W szczególnych wypadkach wyprowadzenia mogą zajmować dłuższy bok obudowy, a oznaczenie rozmiaru ulega wówczas odwróceniu, np. 0612 zamiast popularnego 1206. Taki układ jest jednak stosowany dosyć rzadko m.in. w kondensatorach ceramicznych o obniżonej rezystancji szeregowej (*Low ESR*).

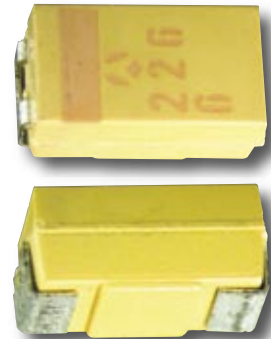
Warto zdać sobie sprawę z faktem, że tabelka uwzględnia jedynie wybrane rozmiary, pomijając m.in. skrajnie miniaturowe 02016, 0201, 01005 oraz 0402 (metryczne). W praktyce najmniejszym rozmiarem z szeregu, poddającym się jeszcze ręcznej manipulacji będzie 0603. Jednak z uwagi na wygodę montażu i łatwą osiągalność w ilościach detalicznych sugeruję przyjęcie rozmiaru 0805 jako podstawowego.

**Rezystory w obudowach MELF**

Niektóre serie rezystorów, zwłaszcza precyzyjnych, są umieszczane w cylindrycznych obudowach MELF



Rys. 12. Kondensator tantalowy SMD – wymiary



Fot. 13. Kondensator tantalowy SMD. Barwny pasek oznacza elektrodę (+)

(*Metal Electrode Leadless Face Component*). W tym przypadku stosuje się odrębny, calowy szereg wymiarowy, pokrywający się częściowo z obudowami typu „chip” (tab. 4).

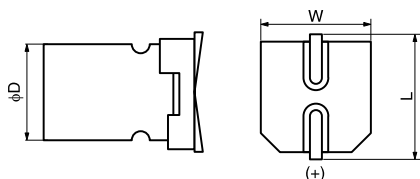
**Kondensatory tantalowe**

Formę „cegiełkową” zbliżoną do obudów „chip”, jednak o innym kształcie elektrod i wykonaną w osobnym szeregu wymiarowym mają elektrolityczne kondensatory tantalowe (rys. 12; fot. 13). Ich podstawowe oznaczenie składa się również z dwóch liczb, czyli łącznie 4 cyfr, określających wymiary poziome – jednak tym razem wyrażonych w dziesiątych częściach milimetra (0,1 mm). Zamiennie stosuje się również oznaczenia jednoliterowe: „A”...„E”, „V” (tab. 5). Przypomnijmy, że w przeciwieństwie do kondensatorów aluminiowych, kreska nadrukowana na obudowie kondensatora tantalowego oznacza elektrodę dodatnią (+).

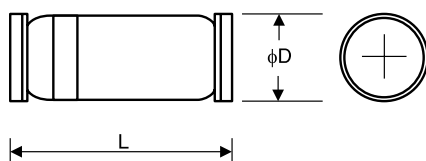
ozn. literowe	ozn. EIA (metryczne)	L[mm]	W[mm]	H[mm]	L[in]	W[in]
A	3216-18	3,20	1,60	1,60	0,126	0,063
B	3528-21	3,50	2,80	1,90	0,138	0,110
C	6032-28	6,00	3,20	2,60	0,236	0,126
D	7343-31	7,30	4,30	2,90	0,287	0,169
E	7343-43	7,30	4,30	4,10	0,287	0,169
V	7361-38	7,30	6,10	3,45	0,287	0,240

**Tab. 6. Alumiinowe kondensatory elektrolityczne SMD**

średnica walca $\Phi D$ [mm] $\pm 0,5$	szerokość podstawy W[mm]	długość podstawy łącznie z wyprowadzeniami L[mm]
3,0	3,3	3,5 – 4,5
4,0	4,3 – 4,5	5,0 – 5,5
5,0	5,3 – 5,5	6,0 – 6,5
6,3	6,6 – 6,8	7,3 – 7,8
8,0	8,3 – 8,6	9,0 – 9,5
10,0	10,3 – 10,6	11,0 – 12,0
12,5	12,8 – 13,1	13,5 – 14,5
16,0	16,3 – 16,7	17,0 – 18,0
18,0	18,3 – 18,7	19,0 – 20,0



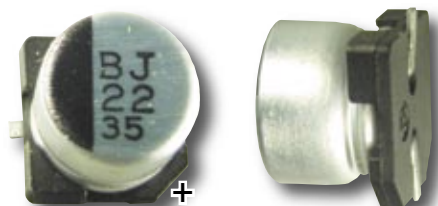
Rys. 14. Alumiinowy kondensator elektrolityczny SMD – wymiary



Rys. 16. Obudowa miniMELF (DO-213AC)

### Alumiinowe kondensatory elektrolityczne

Kondensatory alumiinowe mają konstrukcję zbliżoną do swoich przewlekanych odpowiedników. Walcowy, alumiinowy kubek uzupełniono kwadratową, plastikową podstawą z płasko wyprofilowanymi wyprowadzeniami. (rys. 14; fot. 15). Normalizacji podlega jedynie średnica kubka (3; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 18 mm),



Fot. 15. Alumiinowy kondensator elektrolityczny SMD. Pasek na obudowie oznacza elektrodę (-) a ścięcia narożników podstawy – elektrodę (+)

natomiast wymiary podstawy – nieco większe od średnicy walca – różnią się w zależności od producenta. Na szczęście różnice te są niewielkie, co umożliwia stosowanie jednolitych wzorów pól lutowniczych i zamienne stosowanie na jednej płytce kondensatorów różnych firm. W tab. 6 podałem orientacyjne wymiary maksymalne, wybrane z kilku katalogów. Całkowity bałagan panuje za to w firmowych oznaczeniach obudów. Każdy producent używa własnego systemu, a na domiar złego oznaczenia te potrafią być między sobą sprzeczne. Dlatego też zamiast nazw symbolicznych, w celu jednoznacz-

nej identyfikacji rozmiaru obudowy najwygodniej jest używać kombinacji nominalnej średnicy i wysokości kubka, np. „fi6.3x8”. Przy okazji przypomnijmy, że biegunowość wyprowadzeń kondensatorów elektrolitycznych może być oznaczona na dwa sposoby: drukowanym paskiem na wierzchu obudowy (elektroda ujemna) oraz ścięciem narożników podstawy (elektroda dodatnia).



Fot. 17. Dioda w obudowie MELF (DO-213AB)



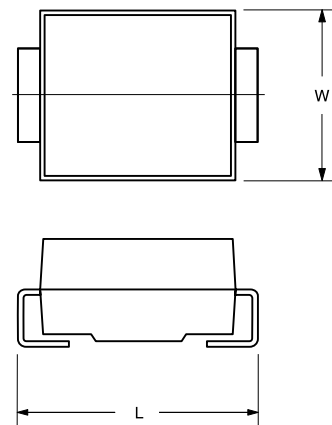
Fot. 18. Dioda w obudowie miniMELF (DO-213AC)

**Tab. 7. Diody SMD w obudowach cylindrycznych**

JEDEC	IEC	Philips			$\Phi D$ [mm]	L [mm]
DO-213AA			SM-2	GL-34, LL-34	1,60 – 1,70	3,30 – 3,70
DO-213AB			SM-1	DL-41, LL-41	2,39 – 2,66	4,80 – 5,20
DO-213AC	100H01	SOD-80		DL-35	1,30 – 1,50	3,30 – 3,60
	100H03	SOD-87			2,00 – 2,10	3,30 – 3,70

**Tab. 8. Diody SMD w obudowach prostokątnych**

JEDEC				W[mm]	L[mm]
DO-214AA			SMB	3,60	4,30
DO-214AB			SMC	5,90	6,85
DO-214AC			SMA	2,60	4,30
DO-214BA				2,60	4,45
	SC-76		SOD-323	1,15 – 1,45	1,60 – 1,90
			SOD-123	1,60	2,70



Rys. 19. Obudowa DO214

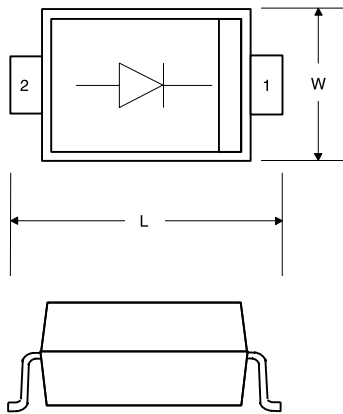


Fot. 20. Dioda w obudowie DO-214AA (SMB)

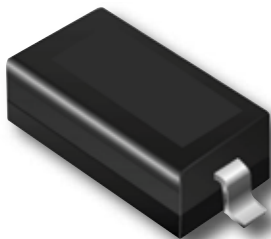
### Diody

Listę otwierają diody w szklanych, ceramicznych lub plastikowych obudowach walcowych MELF (DO-213xx) zbliżonych konstrukcyjnie do analogicznych obudów przewlekanych (rys. 16; fot. 17, 18; tab. 7). W takiej formie o kilku wariantach wymiarowych występują najczęściej diody przełączające, Zenera i prostownicze małej mocy (do 1 A) – zarówno ze złączem p-n jak i Schottky’ego.

Diody prostownicze o większej obciążalności (do 3 A) wymagają odpowiednio większych obudów – zazwyczaj będzie to jedna z wersji wymiarowych DO-214 (rys. 19, 21; fot. 20, 22; tab. 8). W obu rodzajach stosuje się identyczne oznaczenie polaryzacji – kreska na obudowie symbolizuje katodę.

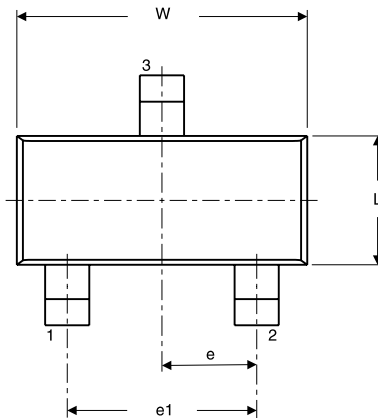


Rys. 21. Obudowa SOD-123



Fot. 22. Dioda w obudowie SOD-123. Obudowa SOD-323 posiada zbliżoną formę i ten sam typ wyprowadzeń

Na większą liczbę kombinacji pozwala wykorzystanie tranzystorowej, trójwyprowadzeniowej obudowy SOT-23 i pokrewnych. W obudowach tych umieszcza się pojedyncze lub podwójne diody małej mocy. Diody pojedyncze wykorzystują dwa z trzech wyprowadzeń (jedno pozostaje niepodłączone). Natomiast diody podwójne mogą być połączone w układzie wspólnej katody, wspólnej anody lub szeregowym. Jako przykład weźmy impulsowe diody Schottky'ego w SOT-23 występujące

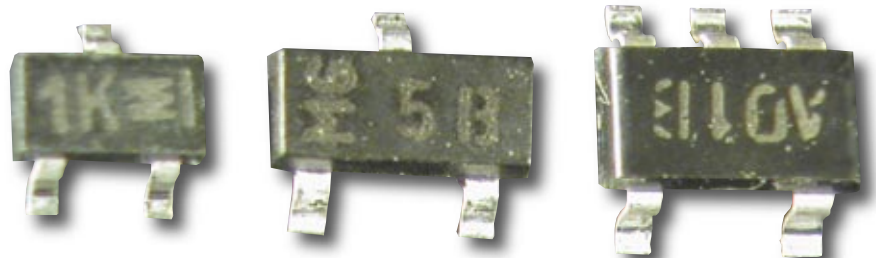


Rys. 23. Obudowa SOT-23 (TO-236AB), zbliżoną formę posiadają obudowy SOT-323, SC-90 i pochodne (4, 5 i 6-pinowe)

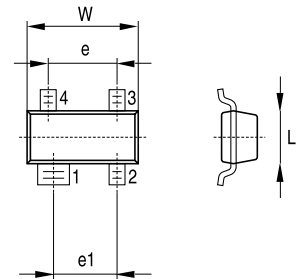
pod oznaczeniami BAR43 (pojedyncza), BAR43A (duodiada ze wspólną anodą), BAR43C (duodiada ze wspólną katodą), BAR43S (duodiada w połączeniu szeregowym). Mimo identycznego oznaczenia typu, różnica przyrostka diametralnie zmienia charakter podzespołu.

### Tranzystory

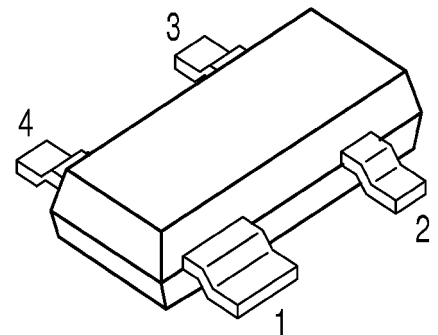
Rolę standardu, porównywalnego z przewlekanyymi TO-92, w technice SMT przyjęły na siebie trójwyprowadzeniowe obudowy SOT-23



Fot. 24. Obudowy SOT-323, SOT-23, SOT-25



Rys. 25. Obudowa SOT-143 (TO-253AA)

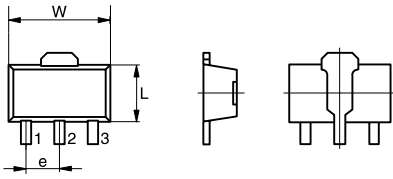


Fot. 26. Obudowa SOT-143 – widok

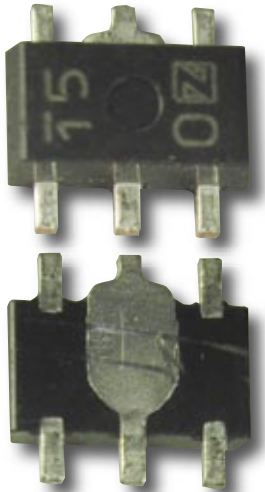
z osiami wyprowadzeń rozstawionymi co 0,95 mm (tab. 9, rys. 23, fot. 24). Te same obudowy występują również w wariantach pięcio- (SOT-25) i sześciopinowych (SOT-26). W miarę postępującej miniaturyzacji, powszechne dotych-

Tab. 9. Wybrane obudowy tranzystorowe SMD

JEDEC		JEITA	Liczba wypr.	raster e[mm] (e1)	korpus W [mm]	korpus L [mm]	Rys	Fot
SOT416	SC-90	SC-75A	3	0,50 (1,0)	1,6	1,6	23	
SOT323		SC-70	3	0,65 (1,3)	2,0	2,1	23	24
SOT343		SC-82	4	0,65 (1,3)	2,0	2,1	23	
MO-203AA, MO-223AB	SOT325	SOT353, SC70-5	5	0,65	2,0	2,1	23	
MO-203AB, MO-223AA	SOT326	SOT363, SC70-6	6	0,65	2,0	2,1	23	
TO-236AB	SOT23		3	0,95 (1,9)	2,9	2,4	23	24
MO-178AA, MO-193AB	SOT25	SOT23-5, SOT753	5	0,95	2,9	2,4	23	24
MO-178AB, MO-193AA	SOT26	SOT23-6, SOT457	6	0,95	2,9	2,4	23	
TO-253AA	SOT143		4	1,9/1,7	2,9	2,5	25	26
TO-243AA	SOT89	SC-62	3	1,50	4,5	4,0	27	28
TO-261AA	SOT223	SC-73	4	2,30	6,5	7,0	29	30
TO-252AA	DPAK	SOT428	3	2,28	6,5	9,5	31	32
TO-263AB	D2PAK	SOT404	3	2,54	10,0	15,2	33	34



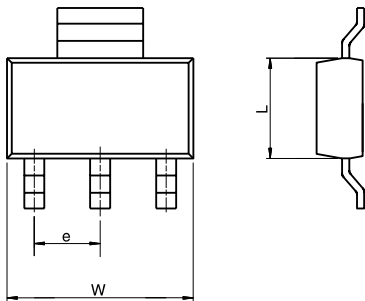
Rys. 27. Obudowa SOT-89 (TO-243AA)



Fot. 28. Obudowa SOT-89-5

czas SOT-23 są stopniowo zastępowane identycznymi w kształcie lecz mniejszymi obudowami SOT-323 z wyprowadzeniami w rastrze 0,65 mm (analogicznie SOT-325, SOT-326) oraz SC-75 (mikroSOT) o rastrze zmniejszonym do 0,5 mm.

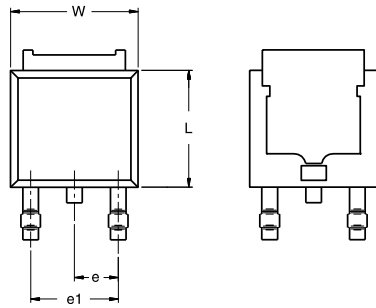
Wśród tranzystorów średniej mocy do najpopularniejszych należą



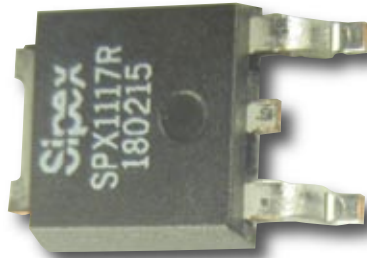
Rys. 29. Obudowa SOT-223 (TO-261AA)



Fot. 30. Obudowa SOT-223

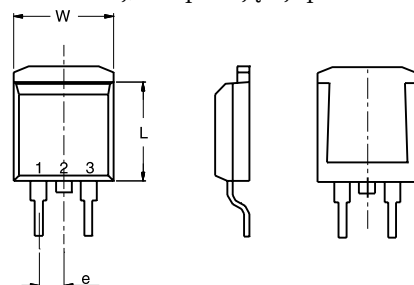


Rys. 31. Obudowa DPAK (TO-252AA): a) wariant standardowy, b) wariant odwrócony

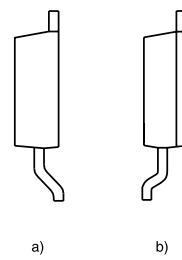


Fot. 32. Obudowa DPAK

obudowy SOT-89 (rys. 27, fot. 28) ze środkowym wyprowadzeniem pełniącym jednocześnie rolę kontaktu termicznego (ta obudowa istnieje również w wersji 5-nóżkowej SOT-89-5), oraz SOT-223 (rys. 29, fot. 30) z osobno wyprowadzonym radiatorem. Do kategorii dużej mocy zaliczają się obudowy DPAK (TO-252) i D2PAK (TO-263), w których wewnętrzny, płaski radiator, w której większej powierzchni, pełni jednocześnie rolę środkowego wyprowadzenia przyłutowanego do płytki (rys. 31, fot. 32 oraz rys. 33, fot. 34). Obciążalność prądowa tych niewielkich gabarytowo obudów, limitowana wytrzymałością drutowego mikromontażu krzemowej struktury, sięga odpowiednio aż 30 A i 80 A! Warto zwrócić uwagę, że obudowy DPAK mogą występować w dwóch wersjach – standardowej, z wyprowadzeniami wygiętymi do płaszczyzny radiatora lutowanego razem z nimi od spodu do płytki drukowanej oraz odwróconej, ekspozującej powierzch-

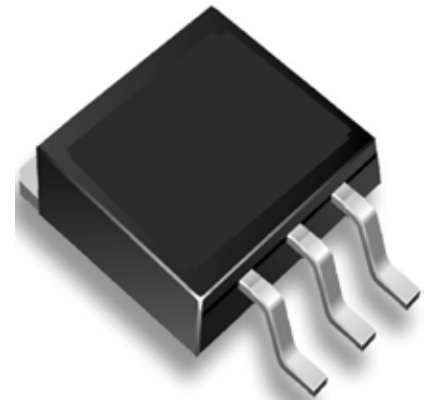


Rys. 33. Obudowa D2PAK (TO-263AB)



a) wariant

nię wbudowanego radiatora ku górze, w celu przyłożenia do radiatora zewnętrznego. Ze względu na sposób montażu, wyprowadzenie służące do odprowadzania ciepła ma z zasady połączenie z podłożem struktury. Z miniaturyzacją podzespołów SMD wiąże się jeszcze jedno poważne utrudnienie. Niewielka powierzchnia obudów uniemożliwia nadrukowanie pełnych, komunikatywnych symboli i zmusza do stosowania skróconych oznaczeń kodowych. Przykład takich oznaczeń możemy zobaczyć na fot. 24. Za enigmatycznymi kodami „1K”, „5B” i „A01B” kryją się popularne tranzystory BC848W, BC807 oraz... wzmacniacz operacyjny LMC7111. Niestety również w tej dziedzinie panuje totalny galimatias a zidentyfikowanie podzespołu na podstawie samego kodu,



Fot. 34. Obudowa D2PAK

bez znajomości pełnionej funkcji i nazwy producenta, może się okazać niezłym wyzwaniem. Na łamach EP poruszaliśmy już temat oznaczeń rezystorów (EP6/2003 – dział OffLine) oraz podzespołów półprzewodnikowych SMD (EP12/2004), wskazując adresy w Internecie mogące ułatwić ich identyfikację (np. <http://forum.ep.com.pl/viewtopic.php?t=11526>).

Na tym kończymy przegląd elementowej „drobnicy” SMD. Za miesiąc zajmujemy się obudowami układów scalonych (SOJ, QFJ, SOIC, SOP, QFP).

**Marek Dzwonnik, EP**  
marek.dzwonnik@ep.com.pl