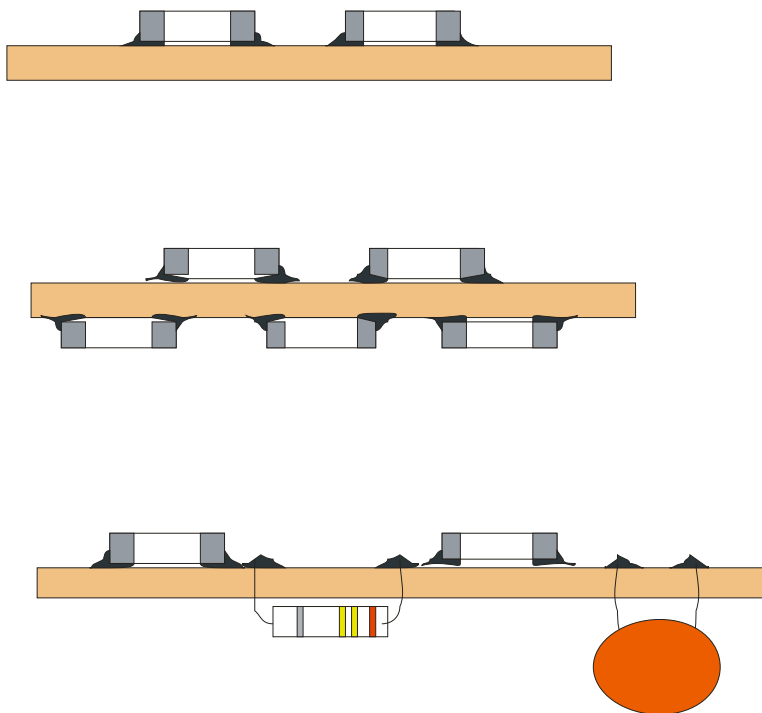


SMT i SMD

Svjedoci smo svakodnevnog napretka tehnoloških procesa u elektronskoj industriji. Od dizajna do dimenzija i kvaliteta. Nerijetko ostajemo zabezeknuti kad ugledamo minijaturni uređaj sa stotinama korisnih funkcije. Ponekad se zapitamo : kako je to ustvari moguće? Jedan dio odgovora se skriva i ova tri slova SMT. Pokušaćemo da ukratko opišemo o čemu se ustvari radi.

Oznaka SMT dolazi od skraćenice u engleskom jeziku Surface Mounted Technology (Tehnologija površinske montaže). Uz to vrlo često ide i druga nama možda poznatija skraćenica SMD – Surface Mounted Devices – Površinski montirani elementi. Drugim riječima , štampana ploča se izrađuje tako što se komponente lijepe (dobro ste pročitali - lijepe se) po površini ploče. Kompletan pristup izradi štampanih ploča je revolucionaran, izgled ploče, način postavljanja komponenti kao i same komponente. Za uporedbu prisjetićemo se da je klasična štampana ploča imala štampane veze sa jedne strane a da su se komponente postavljale sa druge strane tako što su se komponente koje su imale uvijek izvode-nožice provlačile kroz rupe na ploči i lemile na strani štampane veze. U literaturi je ta tehnika poznata još kao THT tehnika (Through Hole Technology ili u slobodnom prevodu Rupičasta tehnologija) I ovdje kao i u nekim drugim oblastima još uvijek ne postoji potpuna standardizacija komponentata i postupaka. Svaki proizvođač nastoji da nametne svoj standard u izgledu, obliku, označavanju itd. Skoro je nemoguće identificirati komponentu (polaritet, raspored nožica, ulaz, izlaz itd) bez odgovarajuće dokumentacije od strane proizvođača.

Nova tehnologija SMT se prvi put spominje još davne 1950 godine ali još zadugo neće naći svoju pravu primjenu. Iako je bilo ograničene upotrebe 60-tih i 70-tih godina tek pravu praktičnu primjenu nalazi tek 1980 godine kad rupičasta tehnika postaje ili neekonomična ili tehnološki neizvodljiva. SMT ne koristi rupice za prolaz veza sa jedne na drugu stranu ploče ili sloja ploče nego se komponente redaju i lijepe samo sa jedne strane strane ploče. Naravno u upotrebi je i hibridna tehnika koja koja koristi kombinaciju rupičaste i SMT tehnike. Na slici 1 je ilustrovana primjena SMT sa komponentama na jednoj strani ploče, na obadje i kombinacija sa rupičastom tj hibridna tehnologija koja se ne može zaobići zbog činjenice da konektori koji predstavljaju priključak štampane ploče na vanjski svijet još uvijek zahtijevaju bušenje rupa.



Slika 1

Početak 80-ih godina u svakodnevni život sve više dolaze kompjuteri, usavršavaju se grafički programi poput AutoCAD, stalno se usavršavana foto proces kao i proces nagrizanja, da bi to sve omogućilo daljnju minijaturizaciju, povećanje efektivnosti i smanjenje troškova proizvodnje. Naravno samnjivanje nije moglo ići u nedogled. Postoji jedna granica preko koje bi dalje povećanje gustoće veza odnosno smanjivanje ukupnih dimenzija dovelo do povećanja nepouzdanosti. Povećao bi se otpor usljed povećane gustoće komponenti i smanjilo bi se hladjenje a postoji i ograničenje kod debljine veza koje prenose snagu. Ta granica ispod koje nije više praktično smanjivati dimenzije veza iznosi oko 0.25 mm odnosno maksimalno 1 A ako govorimo o struji koju može izdržati.

Osim revolucionarnog pristupa u izradi štampanih ploča i komponenata i sam proces proizvodnje je revolucionaran. Kad se govori o SMT onda se misli na automatizovanu liniju za proizvodnju, velikog kapaciteta, koja ne zahtijeva radnu snagu a koja se sastoji o trake na kojoj je robotiziran proces odabira, montaže, lemljenja i na kraju ispitivanja uradjene ploče. Proces je upravljn kompjuterom, vrlo je precizan i kvalitet izrade je vrlo visok. Dva su osnovna postupka :

1. **Reflow** kod kojeg se na ploču prvo nanese posebna pasta za lemljenje na mjesta gdje će biti budući spoj, zatim se poredaju komponente a onda se vrši kontrolisano zagrijavanje dok ne dodje do topljenja paste i spajanje.

2. **Wave** je postupak koji je korišten kod rupičaste tehnike pri čemu su komponente uvijek bile sa jedne strane tako da se druga strana mogla prevlačiti cijelom površinom preko rastopljenog kalaja i pri tome bio je ostvaren proces lemljenja. Kod primjene ovog načina u SMT tehnici postoje određene modifikacije pri čemu se na ploču prvo nanosi ljepilo kojim se zalijepe komponente, predgrijava se tako da se komponente zalijepe (ako se ne bi zalijepile otpale bi !) zatim se ploča okreće za 180° i prevlači preko rastopljenog kalaja.

SMT ima i dobrih i loših strana. Da vidimo prvo koje su to prednosti SMT:

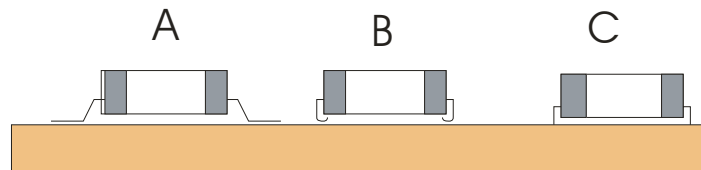
Prije svega smanjenje dimenzija od 3 do 5 puta u odnosu na klasične komponente. Zatim manje dimenzije ploče, samim tim manji troškovi za materijal, povećanje gustoće i smanjenje ukupnih dimenzija uređaja, manja težina i zbog toga veća otpornost na vibracije i udarce, niži transportni troškovi i troškovi skladištenja, ne zahtjeva operaciju bušenja rupa (bušenje rupa nije uvijek prednost !) smanjenje neželjenih zračenja jer su izvodi na komponentama koji u suštini predstavljaju antene, veća pouzdanost zbog manjeg broja slojeva (jednoslojna štampa), neuporedivo veće mogućnosti za izradu uređaja za visoke frekvencije

U slabije strane ili ti mane SMT bi mogli navesti sljedeće: komplikovan dizajn, kod komponenti sa velikim brojem nožica skoro je nemoguće provući veze između nožica, povećani troškovi određenih komponenti koje još uvijek nisu u masovnoj proizvodnji odnosno potrošnji, nedostatak komponenti za veće snage, veće kapacitete, nedostatak standardizacije za pakovanje (veliki broj različitih kućišta), dodatni troškovi za alate za konverziju mašina kod upotrebe različitih vrsta SMD, vrlo ozbiljan problem su i dodatni troškovi za radio amatere čija proječna starosna dob se svakim danom povećava i već je oko 40 godina koliko je meni poznato (posebna povećala, specijalne pincete, dodatno osvjetljenje, lemilice sa preciznom kontrolom temperature, alati sa specijalnim vrhovima...) slabo odvođenje toplote i zahtjev za dodatnim hladjenjem, kraći vijek trajanja komponenti zbog povišene temperature, pucanje komponenti zbog različitog koeficijenta toplotnog širenja, teško ispitivanje funkcionalnosti zbog nepristupačnosti, manja mehanička čvrstoća zbog kraćih veza, proces lemljenja mora biti puno precizniji.

Iz prethodnog proizlazi da ima više minusa nego pluseva za SMT. Međutim svakako težište je na smanjenim dimenzijama, brzini izrade i robotizaciji i na kraju smanjenju troškova i povećanju profita koji je ovdje zasigurno najvažnija stavka koja najviše motiviše velike proizvođače elektronskih komponenti.

Oblik kućišta za SMD komponente je raznolik. Ovdje treba spomenuti i tri vrste konfiguracije izvoda-nožica na komponentama... Na

Slici 2 su prikazana tri načina izvodjenja nožica **a**-Galebova krila korisiti se uglavnom kod integralnih kola sa više izvoda,omogućava testiranje ali je podložan deformacijama i zauzima relativno veliku površinu na ploči, **b-J** način pruža bolju zaštitu jer je nožica smotana ispod kućišta u obliku slova J , veću gustinu , teže ispitivanje i povećanu visinu ploče i **c- I** način ima skoro sve prednosti J-načina,koristi se za integralna kola sa velikim brojem izvoda i zahtijeva prethodno kalajisanje nožica.



Oblici nožica aktivnih komponenti
A-Galebova krila B-J oblik C-I oblik

Slika 2

U SMD spadaju aktivne komponente (tranzistori, integralna kola) pasivne komponente (otpornici,kondenzatori,zavojnice,diode..) i elektromehaničke komponente.

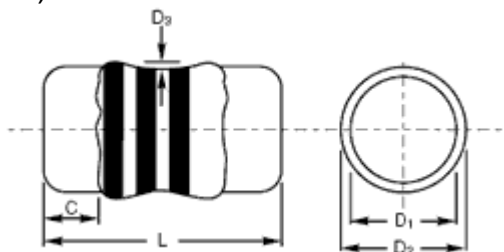
Aktivne komponente najčešće imaju kućište slijedeće oznake SO – (small outline) malo jednostavno kućište razvijeno u Philipsu 1970 godine u koje se može smjestiti IC do 28 nožica kao i posebno SOT (small outline transistor) sa povećanom disipacijom toplote uglavnom korišteno za tranzistore i diode., QFP - četverostrano ravno kućište sa 64 do 168 izvoda u tehnici Galebova krila PLCC –nosač za čipove razvijen za J-konfiguraciju i do 84 nožice, LCCC (Leadless Ceramic Chip Carrier) ili što bi reklo nosač čipa bez nožica – sa donje strane čipa su umjesto nožica metalni jastučići koji se direktno leme na podlogu.Ovdje je ispitivanje i popravka praktično nemoguće.Zbog toga što nema nožica koje bi preuzele termalno-mehanička naprezanja,za montiranje zahtijevaju poseban substrat obložen bakrom.Dobro odvodi toplotu.

U katalozima proizvođača u rubrici za dimenzije ćemo naći brojne oznake oblika 0204,1005 itd.Prve dvije cifre predstavljaju dužinu a druge dvije širinu pomnoženo sa stotim dijelom jednog inča(1 INCH - oznaka 1" = 25.4 mm) tj. 25.4/100 mm.Npr. **0204** dimenzije bi bile : dužina 2 X 25.4/100 = 0.5 mm a širina 4 X 25.4/100 mm = 1 mm. Tabela 1 pokazuje dimenzije otpornika i način kodiranja

Oblik	Snaga W	Dužina	Širina
0402	0.063	1.0	0.5
0503	0.063	1.27	0.75
0505		1.27	1.25
0603	0.062	1.60	0.80
0705		1.91	1.27
0805	0.1	2.00	1.25
1005	0.125	2.55	1.25
1010		2.55	2.55
1206	0.25	3.2	1.6
1210	0.25	3.2	2.6
1505		3.8	1.25
2010	0.5	5.08	2.55
2208		5.72	1.90
2512	1.0	6.5	3.25
MELF		5.5	2.2
MINIMELF		3.6	1.4
MICROMELF		2.0	1.27

Tabela 1

Tu su još kućišta cilindričnog oblika pod imenom MELF, MINIMELF i MICROMELF (Metal Electrode Leadless Face – komponente sa metalnim elektrodama bez nožica) kao što se vidi na Slici 3



Slika 3

MELF oblik 0204 $L=5.9\text{mm}$ $d=2.2\text{mm}$

MINIMELF oblik 0204 $L=3.5\text{mm}$ $d=1.5\text{mm}$

MICROMELF oblik 0204 $L=2.2\text{mm}$ $d=1.1\text{mm}$

Trimer potencijometri se mogu naći u dvije vrste kućišta : sa tri i sa četiri nožice pri čemu četvrta nožica služi samo kao mehaničko

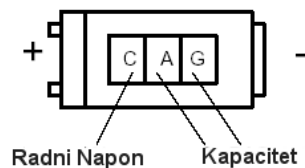
ojačanje. Korisni ugao okretanja je 270° (iako se može okrenuti za cijelih 360° a vrijednosti su od 100Ω do $1\text{ M}\Omega$)

Tantal kondenzatori se mogu naći u više različitih vrsta kućišta i bez oznake vrijednosti. Pozitivan pol (+) se označava sa bijelom linijom ili sa bijelim slovom "M". Standardne veličine kućišta su:

- 3.2mm X 1.8mm
- 3,5mm X 2.8mm
- 6.0mm X 3.2mm
- 7.3mm X 4.3mm

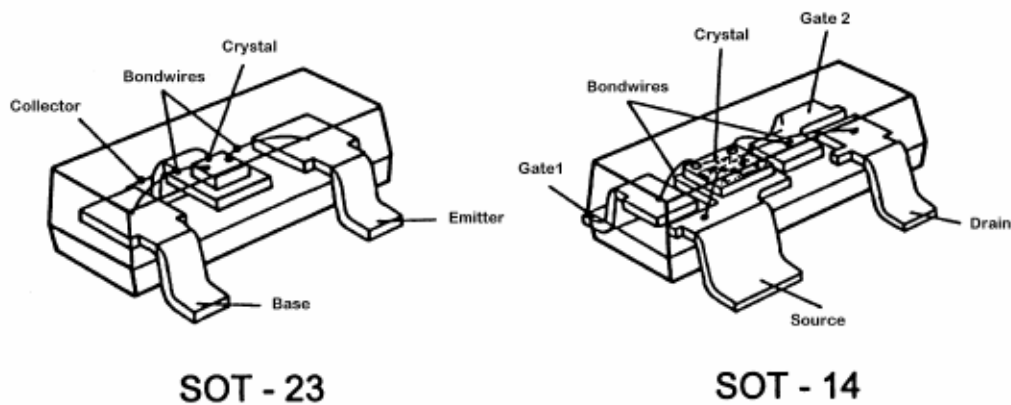
Ako postoji oznaka na kondenzatoru, onda je kodirana sa brojevima ili brojevima i slovima kao što je prikazano na Slici 3 i u Tabeli 2

Kapacitet u pF	1	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	
Oznaka	A	E	J	N	S	W	
Množitelj	10^5	10^6					
Oznaka	5	6					
Napon	4	6.3	10	16	20	25	35
Oznaka	G	J	A	C	D	E	V

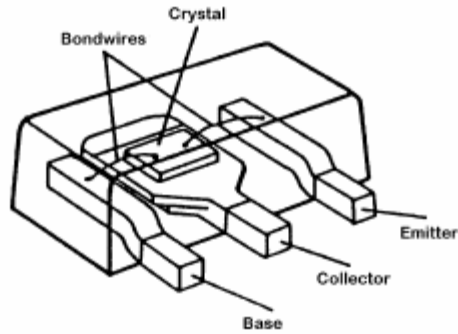


Slika 3

SMD Diode i Tranzistori se mogu naći kao komponente u kućištima SOT-23, SOT-89 i SOT-143 Slike 4 i 5. Opšti električni parametri su SMD dioda i tranzistora su isti kao kod uporedivih standardnih tipova u konvencionalnim kućištima.



Slika4



SOT - 89

Slika 5

SOT-23 i SOT-143 se koriste za komponente čija je disipacija 200-400 mW a SOT-89 za komponente sa disipacijom od 500 mW do 1 W. SMD LED se mogu naći u SOT-23 kućištu. Svi SMD tranzistori imaju kodirane oznake.

SMD otpornici na tržište dolaze u obliku čipa (pravougaonik) ili MELF obliku (cilindar). Umjesto kratkospojnika (jumper) u SMT tehnici se koriste otpornici "Nula Ω otpor" sa istim dimenzijama i kodirani sa 000. Otpornici najčešće dolaze u obliku 1206 (3.2mm X 1.6mm X 0.6 mm sa P_{max} 0.25 W na 70 °C) i 0805 (2mm X 1,25 mmi P_{max} 0.125 W na 70 °C). Otpornici dolaze sa vrijednostima od 1 Ω do 10 M Ω . Otpornici se izrađuju u tehnici debelog filma na keramičkom substratu. Imaju metalne dijelova na uskim krajevima čipa koji su predviđeni za lemljenje bilo kojim od poznatih postupaka.

SMD otpornici obično imaju oznaku od 3 ili 4 broja/slova kao što je prikazano na Slici 6 i u Tabelama 4 i 5



Slika 6

- A=Prvi broj vrijednosti otpornika
- B=Drugi broj vrijednosti otpornika
- C=Treći broj vrijednosti otpornika
- D=Broj nula koje se dodaju na kraju


Otpornik	Oznaka
0 Ω (most)	000
1.0 Ω do 9.1 Ω	XRX npr 9R1
10 Ω do 91 Ω	XXR npr 91R
100 Ω do 10M Ω	Vidi tabelu 5

Tabela 4

Oznaka	Otpornik
100R	100 Ω
634R	634 Ω
909R	909 Ω
1001	1 k Ω
4701	4.7 k Ω
1002	10 k Ω
1502	15 k Ω
5493	549 k Ω
1004	1 M Ω

Tabela 5

Označavanje bojama (Tabela 6) je isto kao i kod klasičnih otpornika i vjerujem da neće biti suvišno da je još jednom spomenemo, zbog generacija koje dolaze

Boja	Boja Naziv	Oznaka "A"	Oznaka "B"	Oznaka "C"	Množitelj "D"	Tolerancija "E"	Temperaturni koeficijent
	Crna	0	0	0	1		
	Braon	1	1	1	10	$\pm 1\%$	100 ppm
	Crvena	2	2	2	100	$\pm 2\%$	50 ppm
	Narandžasta	3	3	3	1k		15 ppm
	Žuta	4	4	4	10k		25 ppm
	Zelena	5	5	5	100k	$\pm 0.5\%$	
	Plava	6	6	6	1M	$\pm 0.25\%$	
	Ljubičasta	7	7	7	10M	$\pm 0.1\%$	
	Siva	8	8	8			
	Bijela	9	9	9			

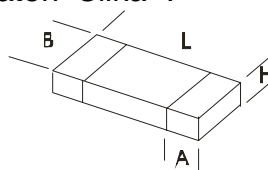
	Zlatna				0.1	±5% (*)	
	Srebrna				0.01	±10%	

Tabela 6

Na otporniku se uočavaju prstenovi u bojama (u tabeli A, B, C, D, E). Prva tri (A, B, C) formiraju brojčanu vrijednost, D je množitelj a E označava toleranciju vrijednosti. Poslednji prsten predstavlja temperaturni koeficijent. Na primjer otpornik koji ima slideće boje : žuta, zelena, crvena, brown, zlatna, narandžasta ima vrijednost 4610Ω 5% tolerancije i 25ppm temperaturni koeficijent.

Otpornici mogu biti i brojčano označeni. Može biti 3 ili 4 broja. Poslednji broj predstavlja množitelj dok prethodni predstavljaju vrijednost otpora. Na primjer : 473 će biti $47 \text{ k}\Omega$ ili 5102 će biti $51 \text{ k}\Omega$.

Keramički višeslojni kondenzatori Slika 7



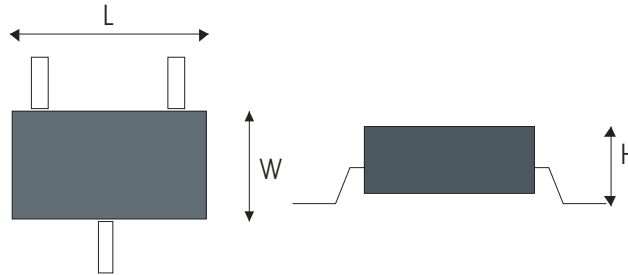
Slika 7

se mogu naći širokom rasponu vrijednosti od 0.47 pF do $1 \mu\text{F}$. Nalazi se u 7 oblika kućišta koje zavisi od vrijednosti kapaciteta. Najpopularniji oblici su 0805 i 1206. Nažalost ovi kondenzatori se ne obilježavaju niti bojama niti brojevima. To ne predstavlja problem za industriju koja ih dobije u rolnama, međutim za nas radioamatere može biti riskantno eksperimentirati sa ovim komponentama. U Tabeli 7 su pokazane najčešće dimenzije kućišta :

Oblik Kućišta	L (mm)	B (mm)	H (mm)	A (mm)
0508	2	1.25	0.51 do 1.27	0.25 do 0.75
0603	1.6	0.8	0.8	
1206	3.2	1.6	0.51 do 1.6	0.25 do 0.75
1210	3.2	2.5	0.51 do 1.9	0.3 do 1.0
1808	4.5	2	0.51 do 1.9	0.3 do 1.0
1812	4.5	3.5	0.51 do 1.9	0.3 do 1.0

2220	5.7	5	0.51 do 1.9	0.3 do 1.0
------	-----	---	-------------	------------

Tabela 7



SOT-23 Nominalne dimenzije su 3mm(L)X1.5mm(W)X1mm(H)L

Neizbježno pitanje : kako ćemo znati prema oznaci na SMD o kojoj komponenti se radi.Odgovor nije jednostavan,potrebno je imati kataloge proizvođača,analizirati i uporedjivati kodove i zaključiti o čemu se radi.U velikom broju slučajeveva na SMD neće biti uopšte oznaka.Treba analizirati ploču,znati proizvođača,imati odgovarajući katalog.Kod profesionalaca popravka SMT ploča se ne isplati i u slučaju kvara se zamjenjuje kompletan sklop sa novim ispravnim.Kod (radio) amatera se sve isplati pa i popravljati pokvarene SMT sklopove ali ova tehnika zahtijeva puno više pažnje,spretnosti, znanja i specijalnog alata. Toplo preporučujem internet sajt <http://www.tkb-4u.com/code/smdcode/indexsmdcode.php> gdje se može naći više informacija o označavanju komponenti.Treba znati početno slovo/broj i kliknuti na to slovo/broj u datoj tabeli.Dobije se prikaz svih komponenti koje počinju sa tim slovom/brojem. Uz naziv komponente tu je još i ime proizvođača,kratak opis i šema sa rasporedom nožica.

Izvori:

<http://www.ept.hut.fi>
<http://optics.org/>
<http://www.wima.com>
<http://www.wavehunter.com>
<http://www.dact.com>
<http://en2.wikipedia.org>
<http://www.interfluxusa.com>
<http://www.zeph.com>
<http://www.arrl.org>