

Elemente de proiectare pentru circuite imprimate

1. Determinarea dimensiunii pastilelor cf. standardelor IPC (exemplificare cu componenta SMD, SOIC8)

Foile de catalog ale componentelor dar și standardele JEDEC referitoare la capsulele componentelor dau informații diverse despre dimensiunile capsulei (package) dar nu oferă de regulă, informații despre pastile (PCB land pattern).

Standardele IPC oferă informații despre dimensiunile pastilelor în funcție de dimensiunile terminalelor. Este necesar un anumit calcul pentru proiectarea pastilelor și aranjamentului acestora (footprint) în programele CAD: Layout sau PCB Editor, de exemplu.

În programele CAD atunci când se realizează capsula trebuie știută dimensiunea pastilelor și distanțele dintre centrele acestora. Standardele IPC, pe de altă parte, oferă distanțe referitoare la marginile pastilelor, fiind necesar un calcul de transformare a cotelor. În concluzie, proiectarea unei capsule presupune transpunerea în programele CAD a informațiilor referitoare la un anumit package din standardul JEDEC simultan cu menținerea recomandărilor din standardele IPC.

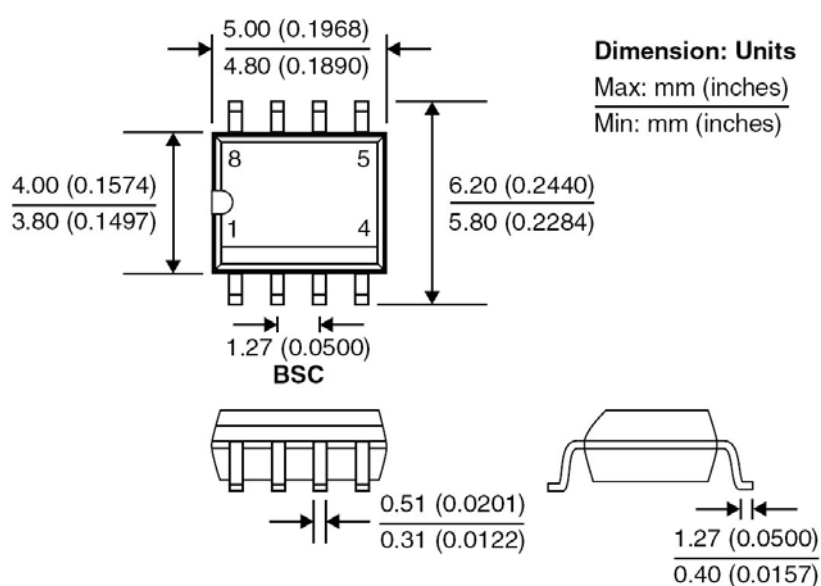


Fig. 1 Dimensiunile componenteii așa cum le oferă producătorul

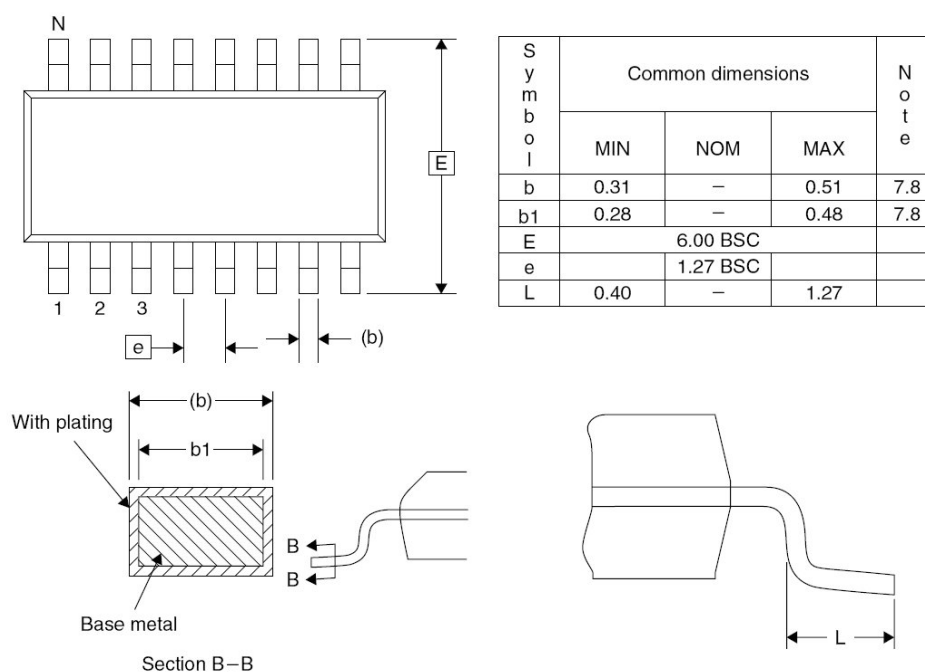


Fig. 2. Denumiri și dimensiuni cf. standardului JEDEC

Pe baza informațiilor din figurile 1 și/sau 2 proiectantul trebuie să fie în stare să determine lungimea W_p și lățimea pastilei H_p , sau a stivei de pastile (padstack) cum este termenul preferat în programele CAD. Suplimentar trebuie determinate distanțele dintre pastile în direcțiile x și y S_E și S_y , conform figurii de mai jos

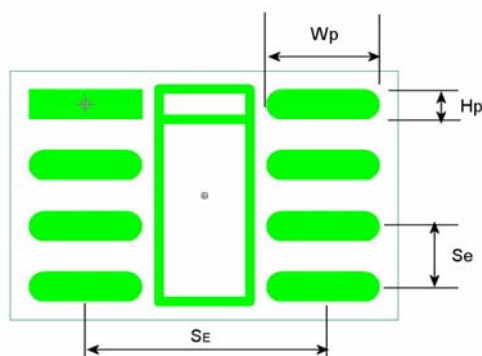


Fig-3 Aspectul capsulei în programe CAD

Dimensiunea unei pastile SMD bine alese asigură realizarea unei lipituri de calitate între terminalul componentei și PCB.

Dimensiunea pastilei trebuie astfel aleasă încât să țină seama de anumite variații ale dimensiunii componentei, de toleranțele de fabricație ale PCB, de toleranțele procesului de plasare dar și de specificațiile privind forma lipiturii, a meniscului (solder fillet).

Componentele THT au dimensiuni mai mari și de aceea alegerea pastilelor lor este mai puțin influențată de aceste toleranțe, în contrast cu componentele SMD care au de regulă dimensiuni mult mai mici și pentru care există o sensibilitate crescută la toleranțele de fabricație în privința alegerii pastilelor.

Standardul IPC-7351 (care înlocuiește IPC-SM-780/2) este standardul care se utilizează pentru proiectarea capsulelor componentelor SMD atât a padstack-ului cât și a footprint-ului complet.

Geometria unei lipituri SMD conform standardelor IPC este prezentată în figura 4.

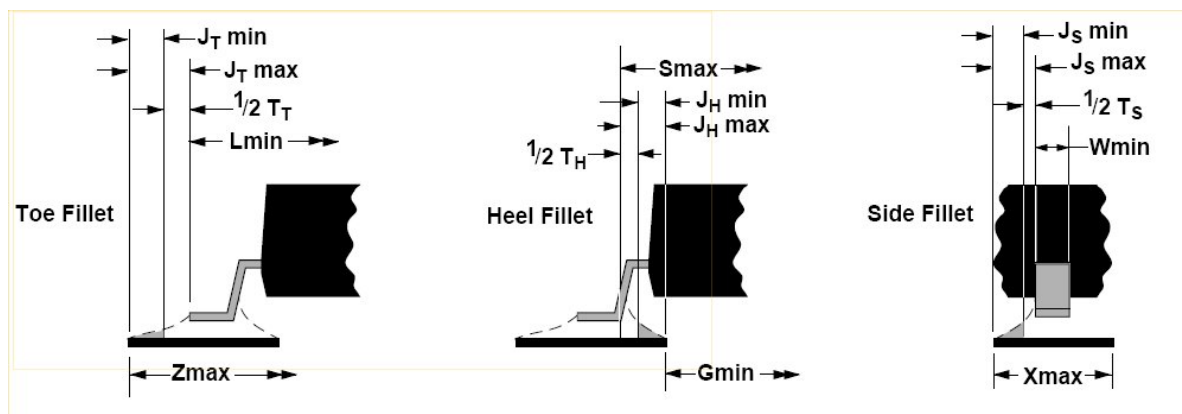


Fig. 4 Geometria lipiturii și denumirea cotelor caracteristice

Pastila de lipire trebuie să fie mai mare decât terminalul pentru a permite o lipire corespunzătoare.

Se folosește notația J_T pentru distanța de la marginea pastilei la vârful terminalului (toe)

J_H este distanța de la marginea pastilei la „călcâiul” terminalului (heel)

și J_S este distanța de la lateralele pastilei la marginile laterale ale terminalului (side).

Valorile lui J_T , J_H , și J_S sunt diferite în funcție de tipul componentei și de nivelul de densitate dorit (A, B sau C- este vorba de alt tip de nivel decât cel de productivitate);
Pentru nivelul de densitate normală aceste valori sunt date în tabelele următoare, conform standardului IPC-7351 (pag.. 8 -14).

Tabel 1: Valoarea parametrului J_T pentru diferite componente

Tip de componentă (Package)	Mils	Millimetri
Gull wing (SOG)	14	0,35
J lead (SOJ)	14	0,35
Componente Chip (0603 și mai mari)	14	0,35
Componente Chip (mai mici ca 0603)	4	0,10
Small outline (SO)	12	0,30
Condensatoare cu tantal	6	0,15
Leadless Chip Carrier (LCC)	22	0,55
MELF	16	0,40

Tabel 2: Valoarea parametrului J_H pentru diferite componente

Tip de componentă (Package)	Mils	Millimetri
Gull wing (SOG)	14	0.35
J lead (SOJ)	-8	-0.20
Componente Chip (toate)	-2	-0.05
Small outline (SO)	0	0.00
Condensatoare cu tantal	20	0.50
Leadless Chip Carrier (LCC)	6	0.15
MELF	4	0.10

Tabel 3: Valoarea parametrului J_S pentru diferite componente

Tip de componentă (Package)	Mils	Millimetri
Gull wing (SOG)) (pitch mai mare ca 0,625mm)	1	0,03
J lead (SOJ)	1	0,03
Gull wing (SOG)) (pitch mai mic ca 0,625mm)	-1	-0,02
Componente Chip (0603 și mai mari)	0	0,00
Componente Chip (mai mici ca 0603)	0	0,00
MELF	2	0,05
Small outline (SO)	-2	-0,04
Condensatoare cu tantal	-2	-0,05
Leadless Chip Carrier (LCC)	-2	-0,05

Pentru a proiecta capsula în programele CAD este necesar să aflăm lățimea padului , WP , și înălțimea lui HP . Se folosesc relațiile

$$W_{P(MAX)} = E_{MIN} - (E_{MAX} - 2L_{MIN}) + 2J_T + 2J_H + 2\sqrt{(E_{TOL(\Delta)})^2 + F^2 + P^2}. \quad (1)$$

$$H_{P(max)} = b_{MIN} + 2J_S + \sqrt{(b_{TOL(\Delta)})^2 + F^2 + P^2}, \quad (2)$$

E (MIN și MAX) sunt distanțele dintre capetele terminalelor cu notațiile JEDEC din fig. 2;
 $ETOL(\Delta)$ este toleranța lui E egală cu $(EMAX - EMIN)$;
 L este lungimea terminalului care se va lipi de pad;
 F este toleranța de fabricație a PCB: 0, 1mm (4 mils) tipic ;
 P este toleranța de plasare a mașinii „pick-and-place” 0,15mm (6 mils) tipic
 $bMIN$ este lățimea minimă a terminalelor , $bTOL(\Delta)$ este toleranța lui $b = (bMAX - b1MIN)$
 JT și JH și JS se aleg din standardul IPC-7351, $JT = 0,3mm$ (12mils), $JH = 0$, $JS = - 0.05mm$ (2mils)

Proiectarea capsulelor SMD (Footprint)

După proiectarea pastilelor acestea trebuie plasate corespunzător pentru a finaliza realizarea unui footprint corect. Aranjamentul specific al pastilelor (land pattern) conform standardului IPC-7351 este prezentat în figura 5 pentru un circuit SOIC8.

Conturul componentei - component outline definește cotele exterioare ale circuitului integrat, fiind frontiera exterioară maximă a acestuia ce include atât limitele corpului capsulei cât și ale terminalelor.

Apoi se definește un alt contur, o “curte” - courtyard în jurul componentei, contur care include corpul și pastilele. Acest contur este mai departe ajustat către exteriorul componentei, astfel conturul pătrunde (protrude- engl.) în aria destinată altor articole PCB, consumând din aria rezervată, de exemplu pentru rute.

Valoarea pătrunderii numită contur în exces (*courtyard excess*) va determina distanța minimă de spațiere a componentelor în timpul operațiilor de plasare. O valoare mare a acestei distanțe în exces face ca densitatea plăcii rezultate să fie mai mică.

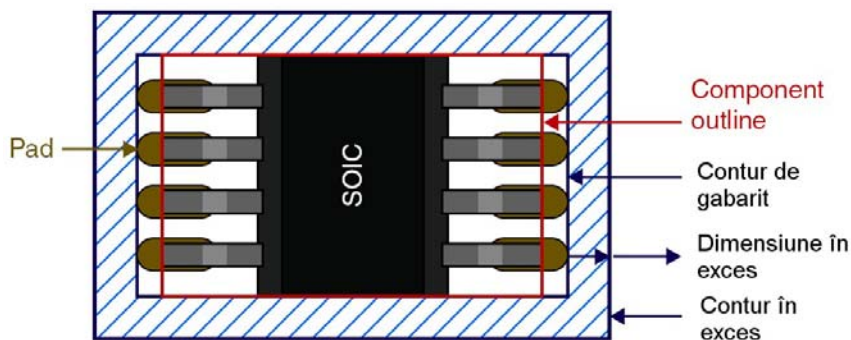


Fig. 5. Definirea conturilor asociate unei capsule conform standardului IPC; Component outline – conturul componentei, Contur de gabarit – courtyard, Contur în exces- protruded courtyard

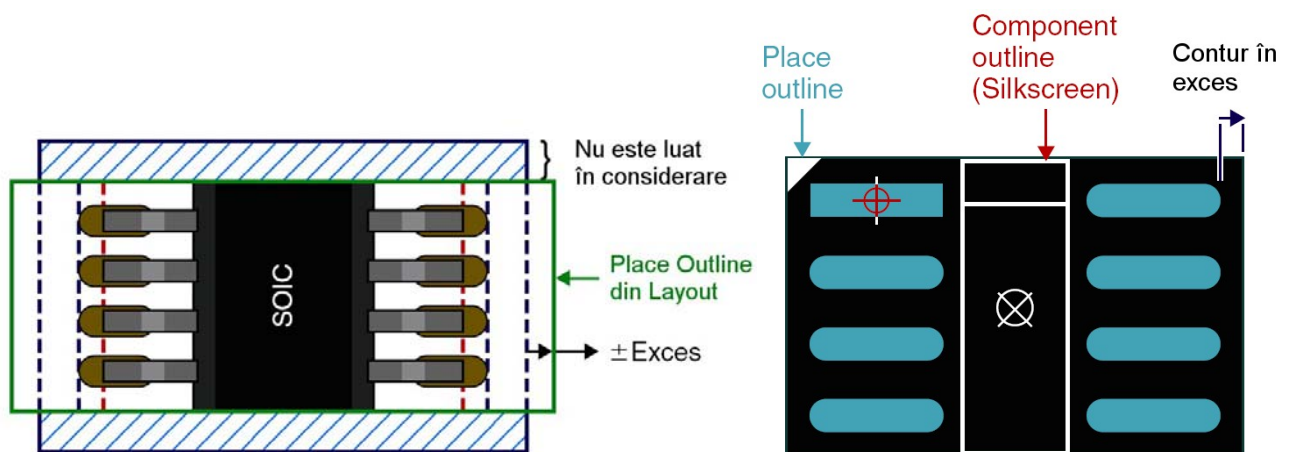


Fig. 6 a) Modul de tratare a conturilor în programul Layout, b) Definirea conturilor specifice capsulei în Layout

Programul PCB Editor nu folosește conceptul de “curte” - courtyard (care a fost tradus prin gabarit) așa cum este definit de standardul IPC-7351.

În figura 7 se arată o capsulă SOIC8 în care se observă conturul Place boundary în PCB Editor peste care a fost desenat conturul “curte” care “pătrunde” în exterior conform IPC.

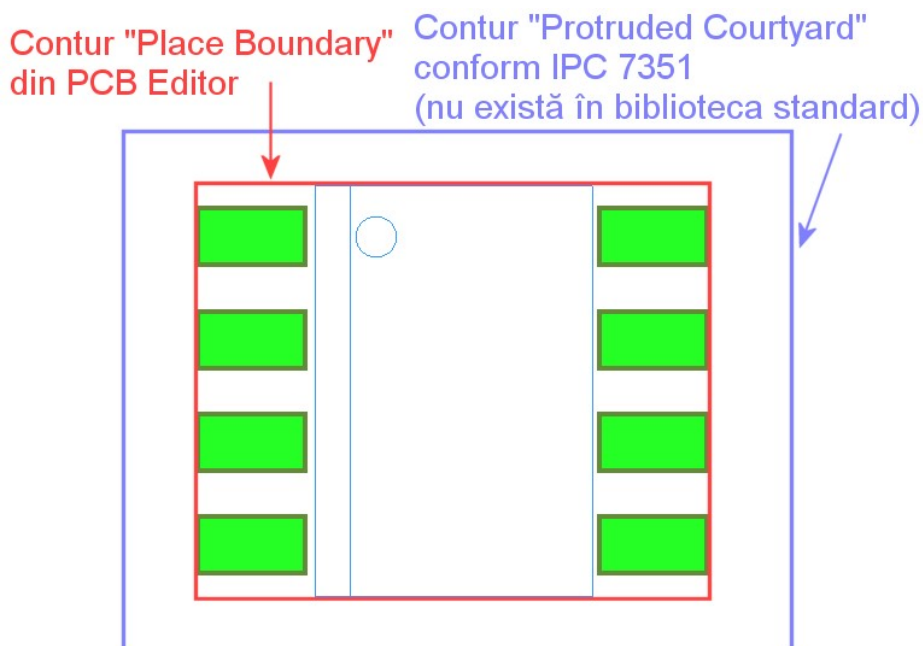


Fig. 7. Contururile unei componente în programul PCB Editor

Se observă că în programul PCB Editor conturul Place boundary outline nu include spațiul în exces de la capetele corpului componentei sau în jurul terminalelor. Pentru cele mai multe capsule din bibliotecă originală a programului PCB Editor, spațiul în exces este inexistent. În setările programului, utilitarul Constraint Manager, nu se pot aplica spațieri între capsule (package), de altfel la fel ca în Layout. Verificările electrice DRC semnalează erori numai la intersecția contururilor Place outline. Pentru a obține densitățile de plasare dorite se pot modifica footprint-urile sau se poate alege o grilă de plasare corespunzătoare, mai mare și apoi se va verifica vizual în mod individual plasarea.

Proiectarea capsulelor THT (Footprint)

a) Componente THT radiale

Un exemplu de condensator electrolitic cu terminalele dispuse radial este prezentat în figura de mai jos

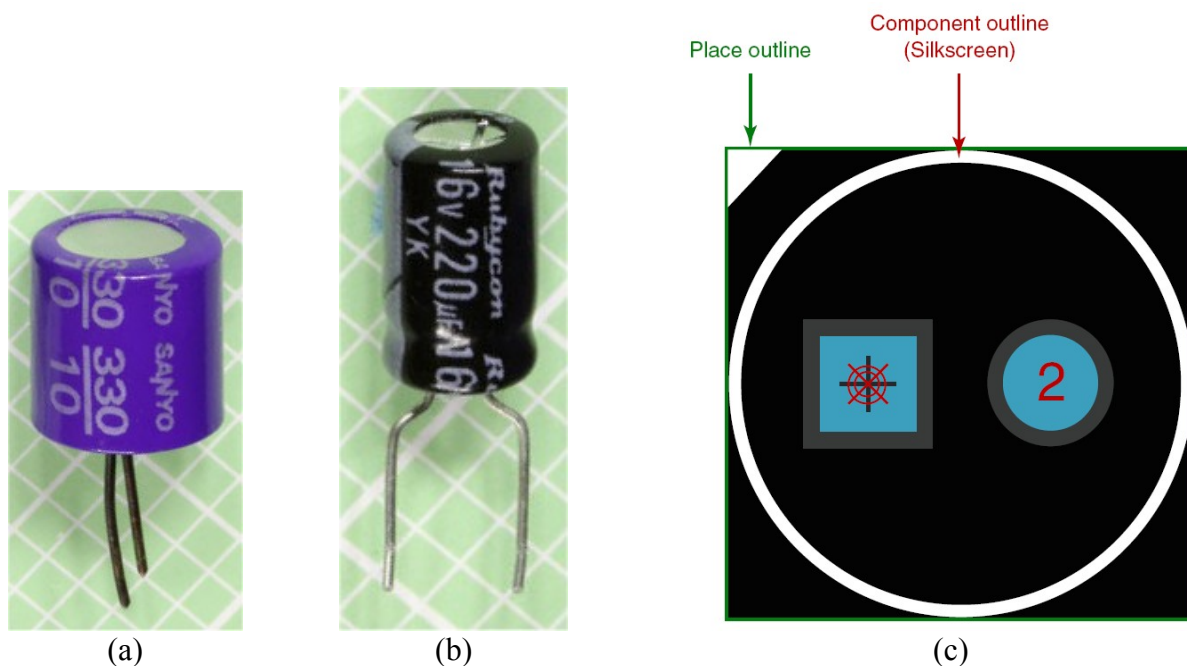


Fig. 8. condensatoare electrolitice cu terminale radiale a) fără preformare, b) cu preformare c) modul de realizare a capsulei în programul Layout.

La acest tip de componente structura footprint-ului rezultă direct din construcția componentei. Distanța dintre pastile este egală fie cu distanța din locul în care terminalele ies din corpul componentei, fie de o anumită distanță prestabilită în cazul componentelor cu terminale preformate.

b) Componente THT axiale

Exemplu pentru un rezistor cu peliculă de carbon

Determinarea distanței dintre pastile

Proiectarea Footprint-ului pentru componentele axiale este mult mai diversificată decât cea a componentelor radiale. Standardul IPC-CM-770, Secțiunile 11.1.8, p. 67 precum și alte surse din literatură oferă reguli generale de proiectare a capsulelor.

Poziția pastilelor (padstacks) depinde de lungimea corpului componentei dar și de locul de îndoire a terminalelor, adică de preformarea lor.

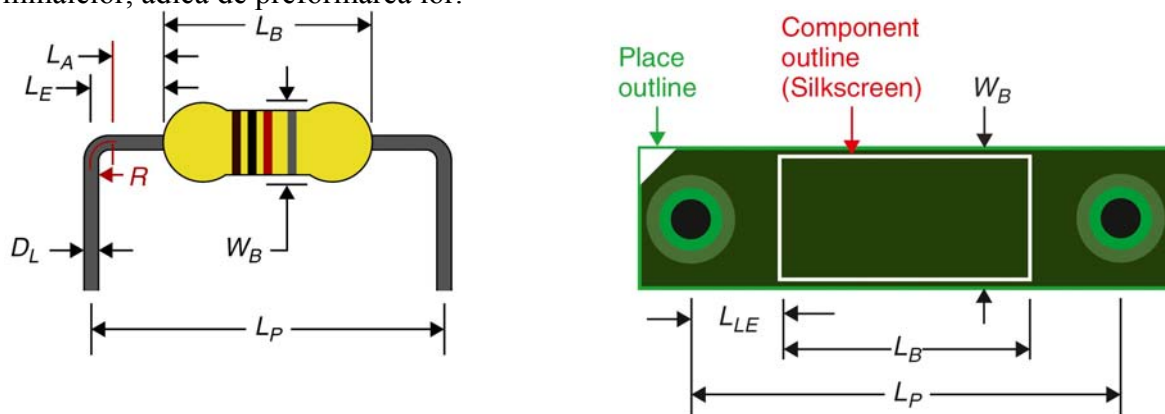


Fig. 9. Componentă cu terminale axiale b) mod de reprezentare în Layout

Distanța minimă dintre pastile se calculează cu relația (3):

$$L_P = L_B + 2(R + L_A) \quad (3)$$

cu L_P distanța dintre pastile, L_B lungimea corpului componentei, R raza de îndoire permisă, cf. tabelului 4, L_A este lungimea extensiei terminalului de la corp până la începutul porțiunii curbate (distanța minimă față de corp de la care se pot îndoi terminalele), L_A se va lua tot din tabelul 1.

Tabelul 4 Valori permise ale razei de curbură și ale distanței față de corpul componentei

DL (mils)	R (mils)	L_A (mils)
$D_L < 31$	$1,0 \times D_L$	31
$31 \leq D_L \leq 47$	$1,5 \times D_L$	D_L
$D_L > 47$	$2,0 \times D_L$	D_L

Se observă din tabelul 4 că atât R cât și L_A depind de diametrul terminalului D_L , și L_E este egală cu suma dintre L_A și R .

Odată ce distanța minimă a fost calculată, pastilele de plasează la distanța cea mai apropiată aflată în grila de lucru standard. De cele mai multe ori se folosește grila de un modul sau 100-mil, dar dacă această valoare este prea mare se alege uzual o grilă de 25 mils.

Se va verifica lungimea totală a ambelor terminale care nu trebuie să depășească 1 inch (25 mm) fără a avea prevăzut pentru componentă un suport mecanic suplimentar.

Raportul diametrelor terminal/gaură

Dimensiunea găurii metalizate (plated through-hole) trebuie să fie suficient de mare astfel încât terminalul să pătrundă ușor prin gaură, dar nu trebuie să fie prea mare astfel încât să nu se realizeze corespunzător fenomenul de capilaritate în timpul lipirii.

Pentru determinarea diametrului găurii în funcție de diametrul terminalului se pot folosi două metode, una bazată pe calcul și alta bazată pe existența unei tabele precalculate.

Prima metodă este derivată din standardul IPC-2221A, Secțiunea 9.1.3, p. 74 și C. Coombs ed. 5, Secțiunea 42.2.1, p. 42.3. Această metodă ia în considerație grosimea metalizării găurii (presupusă sau cunoscută) și permite utilizatorului să definească un factor de toleranță k . Metoda are ca rezultat obținerea unor valori ale spațiului dintre terminal și gaura metalizată (clearance) care depinde însă de diametrul terminalului.

Diametrul burghiului, al găurii este dat de relația (4),

$$D_H = (D_L + 2T_P) \times k \quad (4)$$

cu D_L diametrul terminalului, T_P este grosimea metalizării în gaură (dacă nu se dispune de date se ia $T_P = 1$ mil), și k este un factor de toleranță definit de utilizator, $1,05 < k < 3,0$ (se recomandă valoarea de 1,5).

S-a constatat că relația anterioară dă dimensiuni prea mari ale spațiului liber la diametre mari ale terminalelor și trebuie corectată. Diametrul de la care trebuie aplicată această corecție nu este precizat în literatură.

De exemplu, dacă diametrul terminalului unei componente este, D_L , 0,9mm sau 36 mils, atunci diametrul găurii trebuie să fie:

$$D_H = (36 + 2 \times 1) \times 1,5 = 57 \text{ mils}$$

A doua metodă se bazează pe o tabelă prezentată în standardul IPC-2222, Tabelul 9-3, p. 20 în care diametrul găurii este ales în funcție de diametrul terminalului și gradul de „manufacturabilitate” – producibility level (A–C) Această noțiune este introdusă de standardele IPC care definesc trei niveluri de complexitate

Tabelul 5. Nivelele de productibilitate (producibility) cf. IPC

Level A	General Design Complexity— Situație preferată
Level B	Moderate Design Complexity—Standard
Level C	High Design Complexity— De folosit în puține cazuri

Aceste niveluri depind de proiectul inițial dar și de complexitatea procesului de fabricație și a utilajelor utilizate.

Astfel, diametrele găurilor se aleg conform Tabelului 6:

Tabelul 6. Alegerea diametrului găurii în funcție de diametrul terminalului

	Level A		Level B		Level C	
Diametrul găurii	Mils	Milimetri	Mils	Milimetri	Mils	Milimetri
Diam. minim = diametrul maxim al terminalului +	10	0,25	8	0,20	6	0,15
Diam. maxim = diametrul minim al terminalului +	28	0,70	28	0,70	24	0,60

Prin aplicarea acestei metode pentru același terminal de 36 mils pentru care în foaia de catalog se precizează o toleranță a diametrului de 10% rezultă diametrul maxim de 39,6 mils și cel minim de 32,4 mils. Dacă dorim un nivel de productibilitate A, atunci diametrul găurii trebuie ales între 49,6 mils ($39,6 + 10$) și 60,4 mils ($32,4 + 28$) sau în unități metrice între 1,25 mm și 1,5 mm.

Rezultatele obținute pentru diametrele găurilor prin aplicarea celor două metode, bazate în special pe standardele IPC sunt preferate în cazul unor producții industriale, prin procedee de lipire industriale și nu trebuie să fie privite ca obligatorii de exemplu atunci când proiectul PCB este realizat pentru un prototip și/sau se utilizează lipirea manuală.

Dimensionarea pastilei inelare (a coroanei circulare)

După ce a fost determinat diametrul găurii trebuie determinat diametrul pastilei circulare (în acest context în engleză se utilizează termenul de „land”) Diferența dintre diametrul pastilei și diametrul găurii este dimensiunea pastilei inelare, aceasta este zona în care se va face efectiv lipirea componentei. O zonă de lipire prea mică duce la realizarea unei lipituri slabe, pastila poate fi distrusă de șocul termic sau de cel mecanic sau se poate dezlipi de pe placă. O pastilă exagerat de mare nu conduce neapărat la o lipitura de calitate și nu face decât să mărească consumul de aliaj de lipit și să mărească cantitatea de căldură necesară pentru a realiza lipitura.

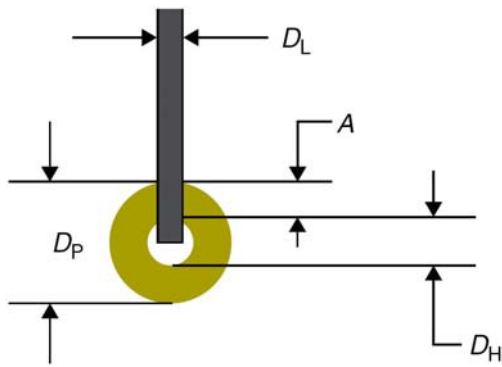


Fig. 10. Geometria pastilei inelare

Standardul IPC 2221 recomandă pentru calculul diametrului pastilei, cu notațiile din figura 10, relația:

$$D_P = a + 2b + c \quad (5)$$

cu D_P diametrul padului, a dimensiunea finală a găurii ($a = D_H - 2T_P$), b se referă la dimensiunile minime ale inelului, fiind cerințe diferite pentru pad intern și extern adică aflat pe TOP și/sau BOTTOM (1 pentru pad intern, respectiv 2 mils pentru pad extern), c este o cotă permisă de standarde ce depinde de categoria plăcii conform IPC și are valorile 16, 10, 8 mils pentru categoriile Level A, B, respectiv C.

Dimensiunile pentru Soldermask și Solder Paste

Pastilele pentru layerul soldermask sunt în mod tipic mai mari decât pastilele de pe layerele electrice TOP și BOTTOM (5 -10 mils). Uneori valorile cu care se majorează pastilele sunt cerute de producătorii de cablaje.

Dimensiunile pentru pastilele din layerul Solder Paste se aleg implicit egale cu cele ale pastilelor din layerele externe (TOP și BOTTOM). În programul PCB Editor majoritatea capsulelor din bibliotecă nu au layerul definit. Alegerea corectă a acestora se face conform standardului IPC 7225 – Stencil Design Guidelines- pentru proiectarea stencil-ului, scopul fiind asigurarea unei cantități corespunzătoare de pastă care se transferă către placa de circuit imprimat.