



Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

3. Tehnologija površinske montaže (SMT)

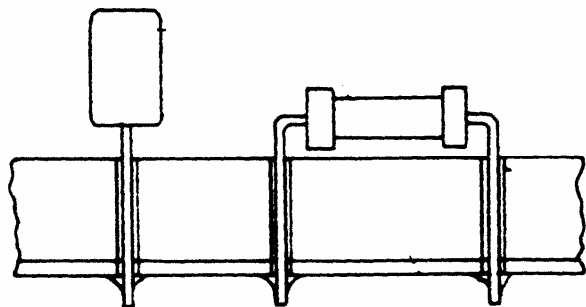
M. Cifrek, H. Džapo
ak.god. 2007/2008

Računalom podržano projektiranje elektroničkih uređaja

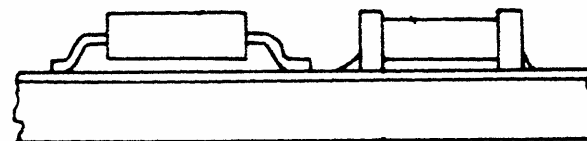
Tehnologija površinske montaže

- engl. *surface mounting technology (SMT)*
- za SMT je karakteristično da se komponente i njihovi izvodi nalaze s iste strane tiskane pločice
- dvije osnovne skupine elektroničkih komponenti obzirom na izvedbu kućišta:
 - komponente sa žičanim izvodima (*through-hole components*)
 - komponente za površinsku montažu (*surface-mount devices, SMD*)

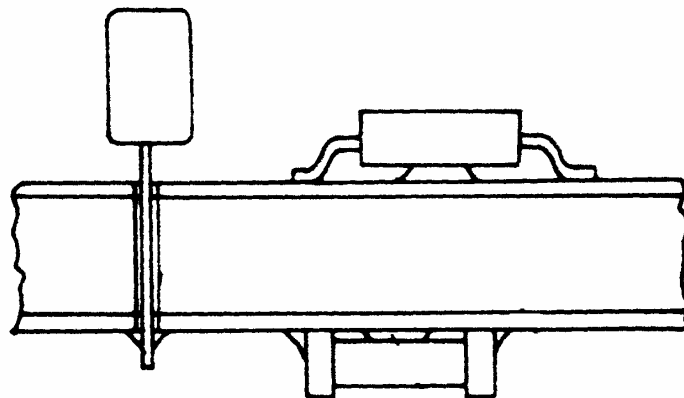
Tehnologija površinske montaže



klasična (*through-hole*)
montaža

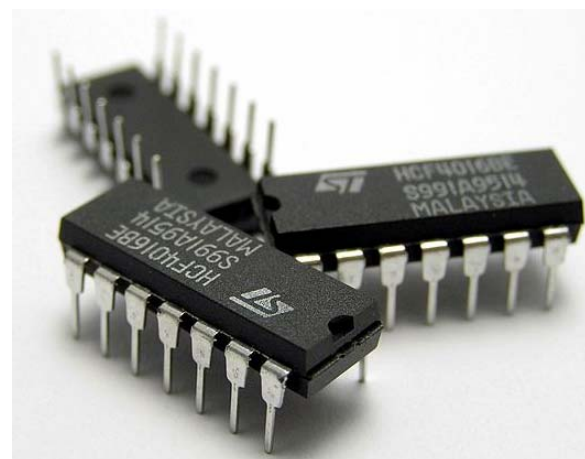
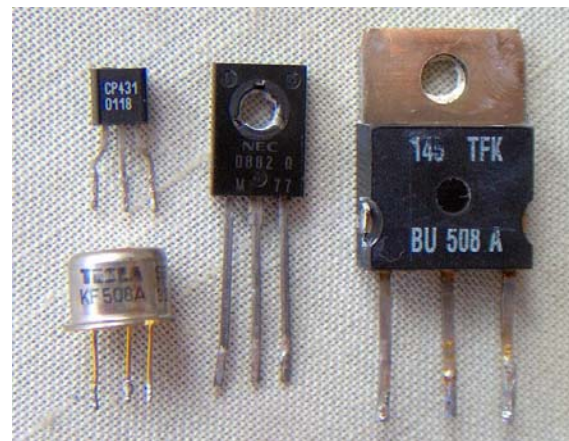


površinska (*SMT*)
montaža

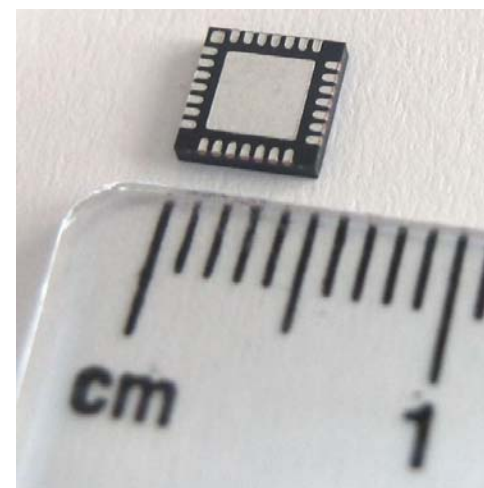
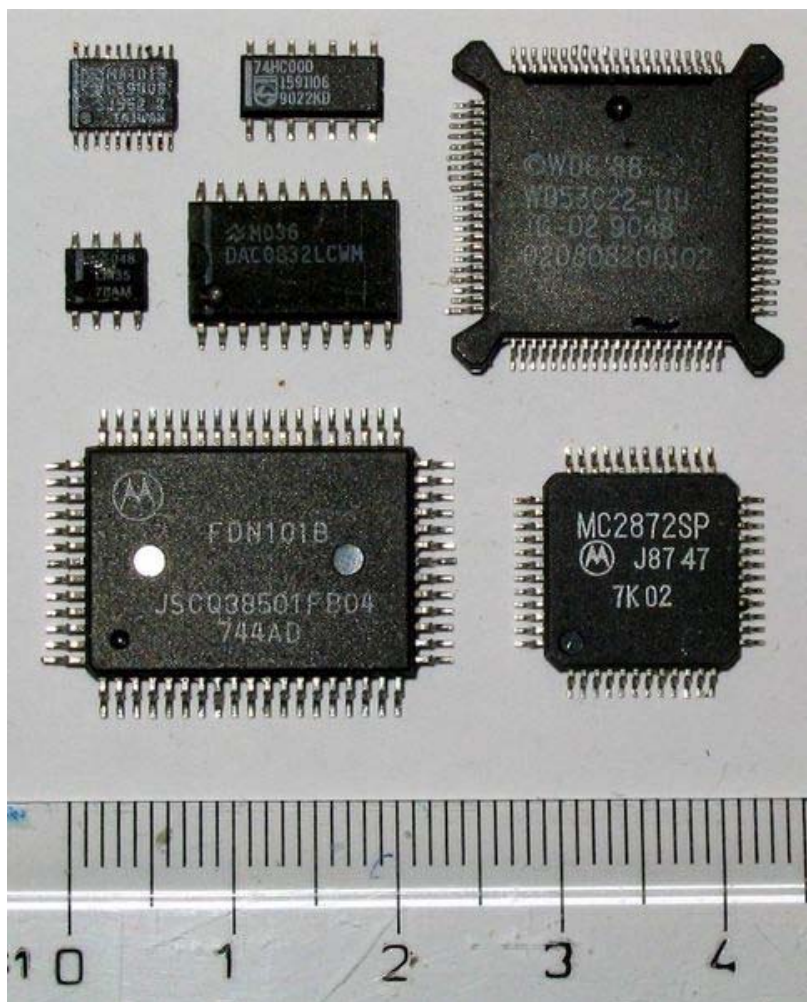


mješovita montaža

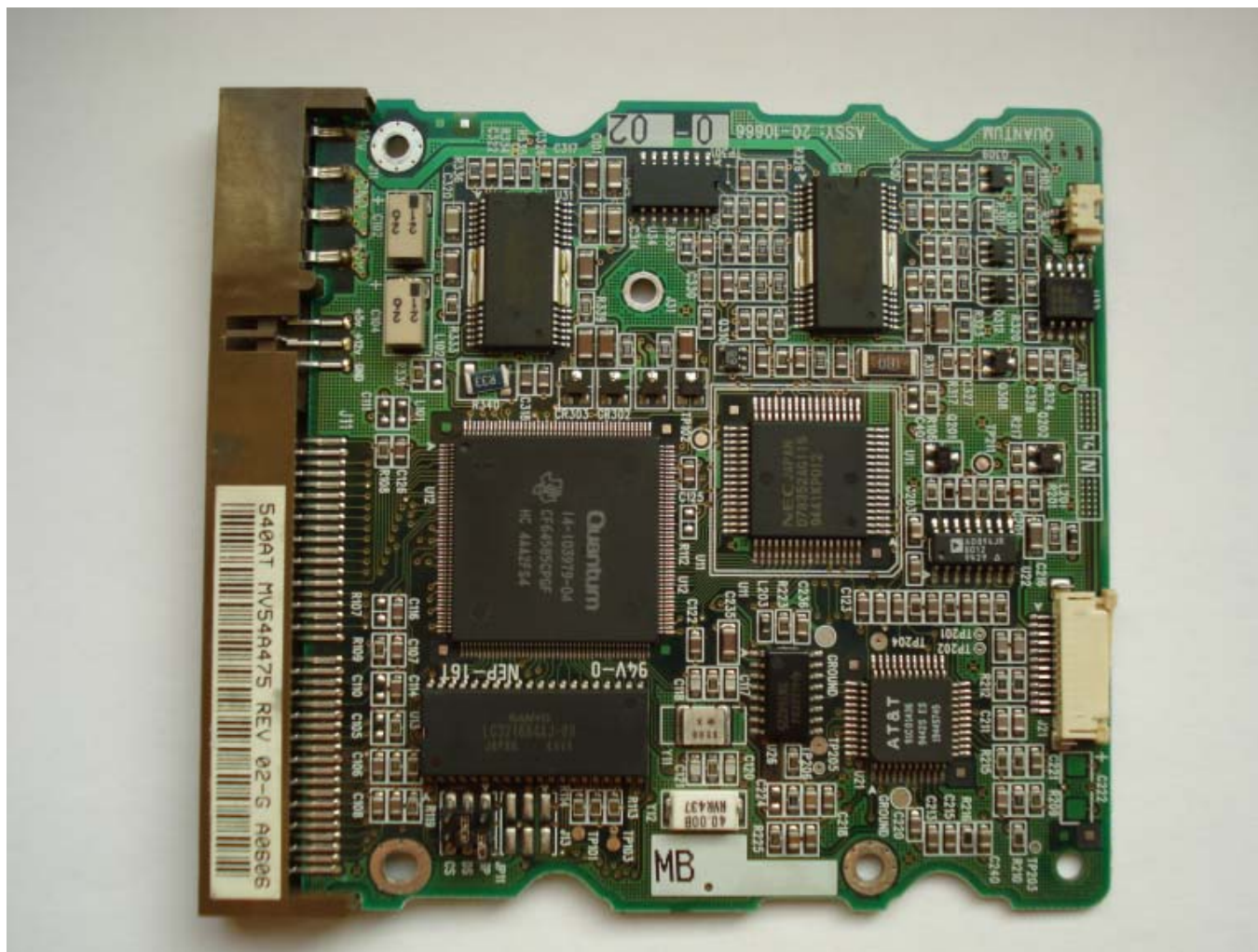
Primjeri komponenata sa žičanim izvodima



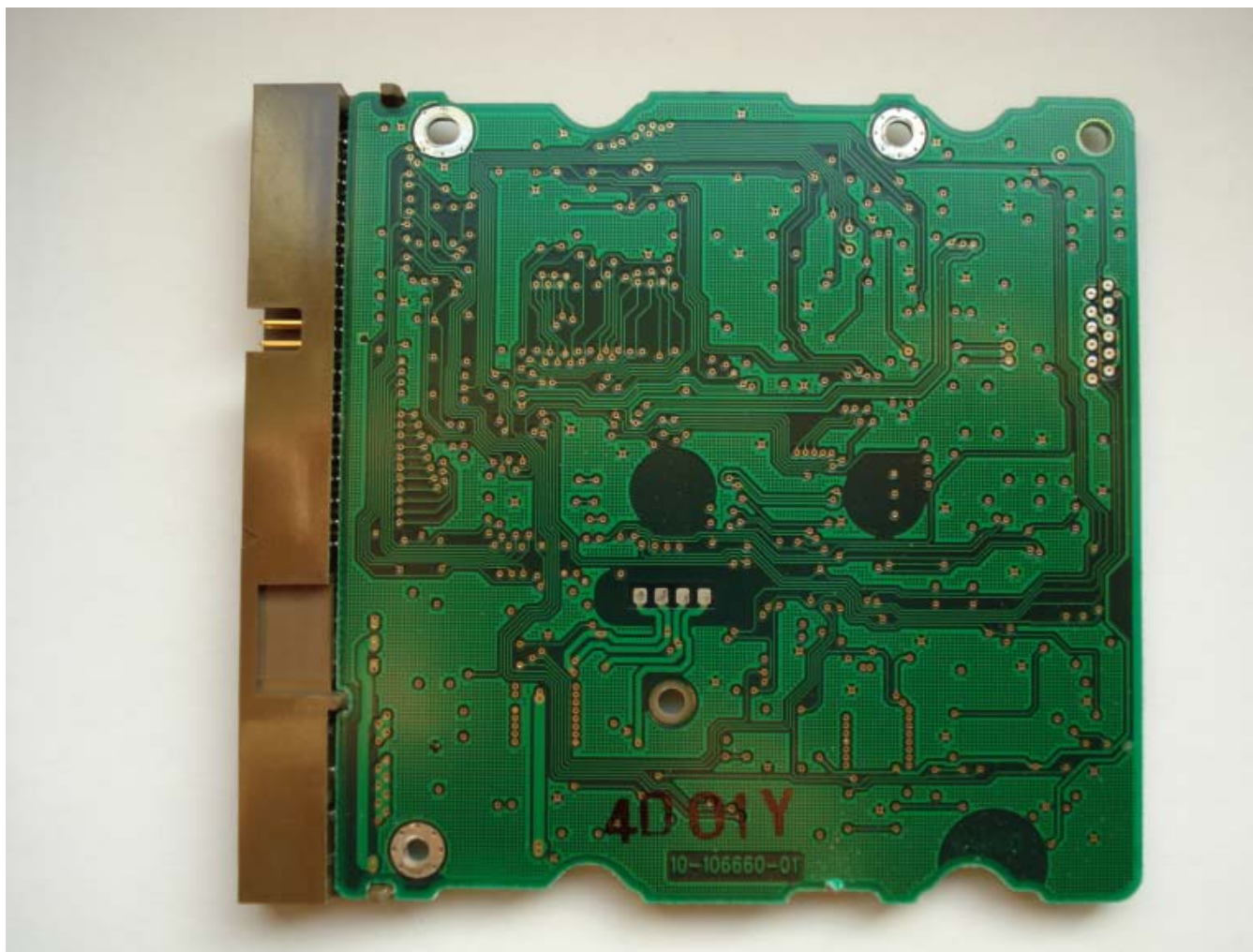
Primjeri SMD komponenata



Tiskana pločica sa SMD komponentama



Tiskana pločica sa SMD komponentama



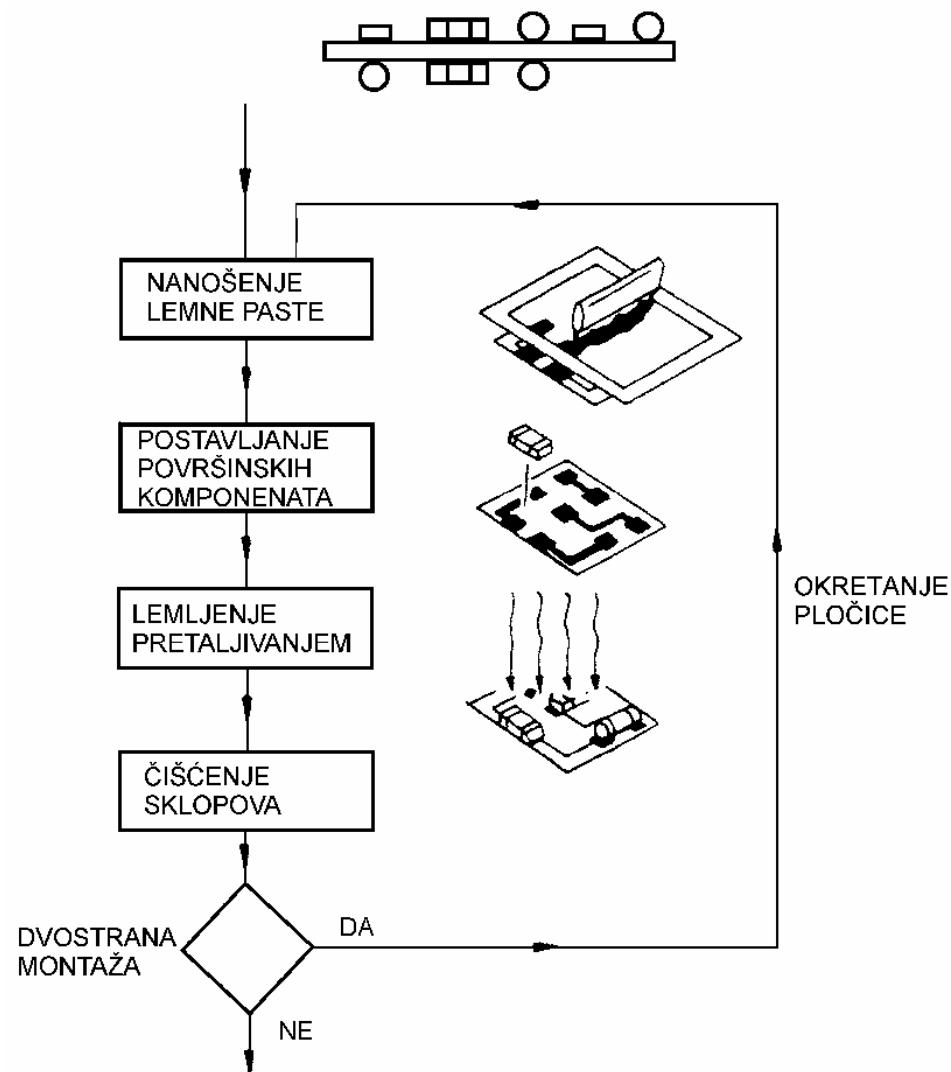
Tehnologija površinske montaže

- prednosti:
 - minijaturizacija (ušteta na prostoru i masi 50-70%)
 - potpuno automatizirana proizvodnja
 - bolje električke karakteristike (veća brzina rada)
 - bolje mehaničke karakteristike (izdržljivost na udarce i vibracije)
 - veći broj izvoda od klasičnih komponenata
- nedostaci:
 - složeniji tehnološki postupci lemljenja
 - teže ispitivanje zbog slabije pristupačnosti priključcima komponenti (potrebne test točke na pločici)
 - nedostupnost nekih komponenata u SMD (poglavito nekih pasivnih s višim nazivnim vrijednostima)

Proizvodni postupci

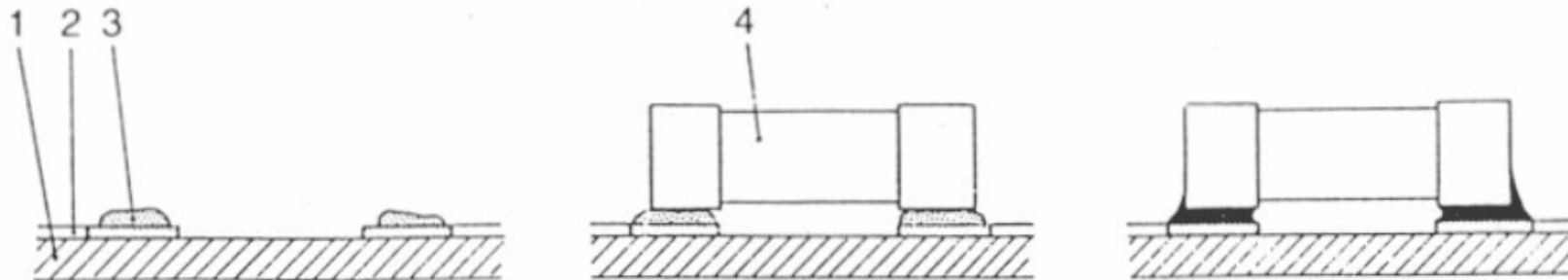
- tipovi SMT tiskanih pločica:
 - Tip 1 – jednostrane/dvostrane tiskane pločice s isključivo SMD komponentama
 - prednost: jednostavno procesiranje
 - nedostatak: nemogućnost dobave nekih komponenti u SMD izvedbi
 - Tip 2 – dvostrane t.p. sa SMD komponentama s jedne strane pločice, a klasičnima s druge strane
 - najčešće se koristi
 - Tip 3 – dvostrane t.p. sa SMD komponentama s jedne strane pločice, a klasičnima i SMD s druge strane
 - prednost: fleksibilnost
 - nedostatak: složeno procesiranje

Proizvodni postupak za pločice tipa 1



Proizvodni postupak za pločice tipa 1

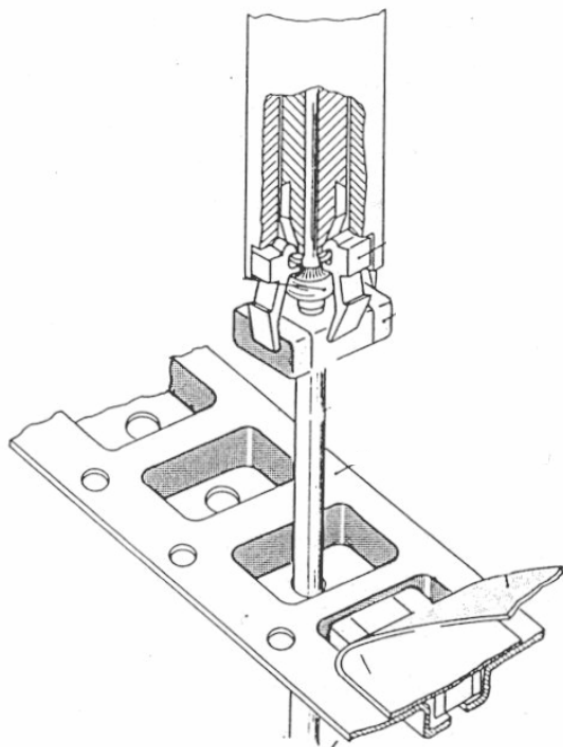
- nanošenje lemne paste:
 - tehnika sitotiska ili primjenom dozatora
 - engl. *solder paste* (*paste mask* – tehnološki predložak)
- lemljenje pretaljivanjem lemne paste (*reflow soldering*)
(ako se lemi na lemnom valu, tada se nanosi ljepilo)



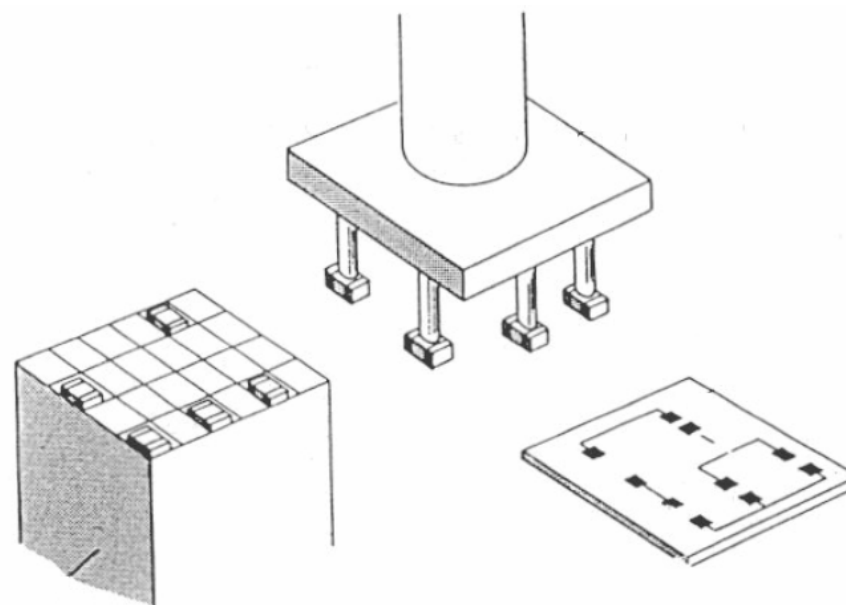
1 – izolacijska podloga tiskane pločice, 2 – vodljivi likovi, 3 – lemna pasta,
4 – SMD komponenta

Proizvodni postupak za pločice tipa 1

- automatsko postavljanje površinskih komponentata

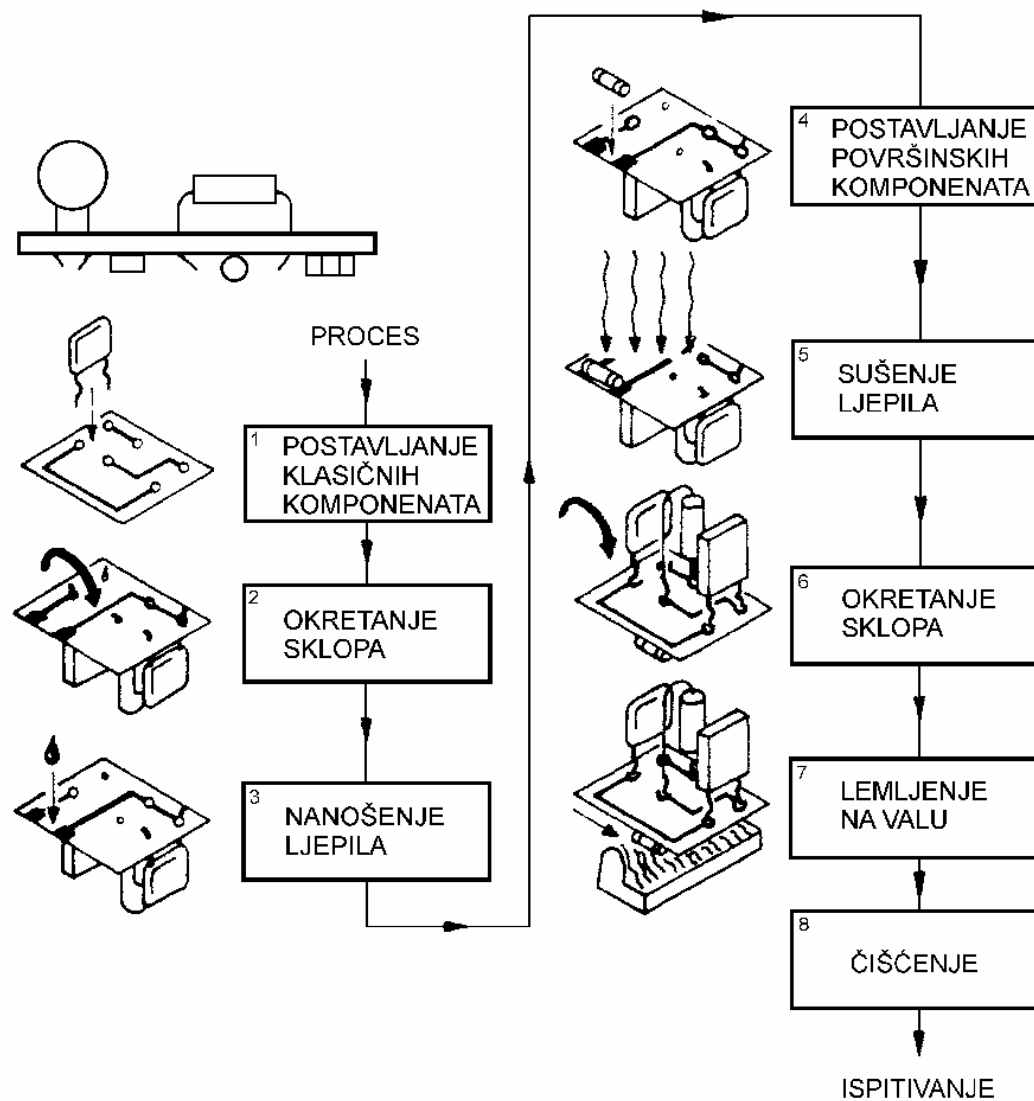


robotska hvataljka



vakuumska hvataljka

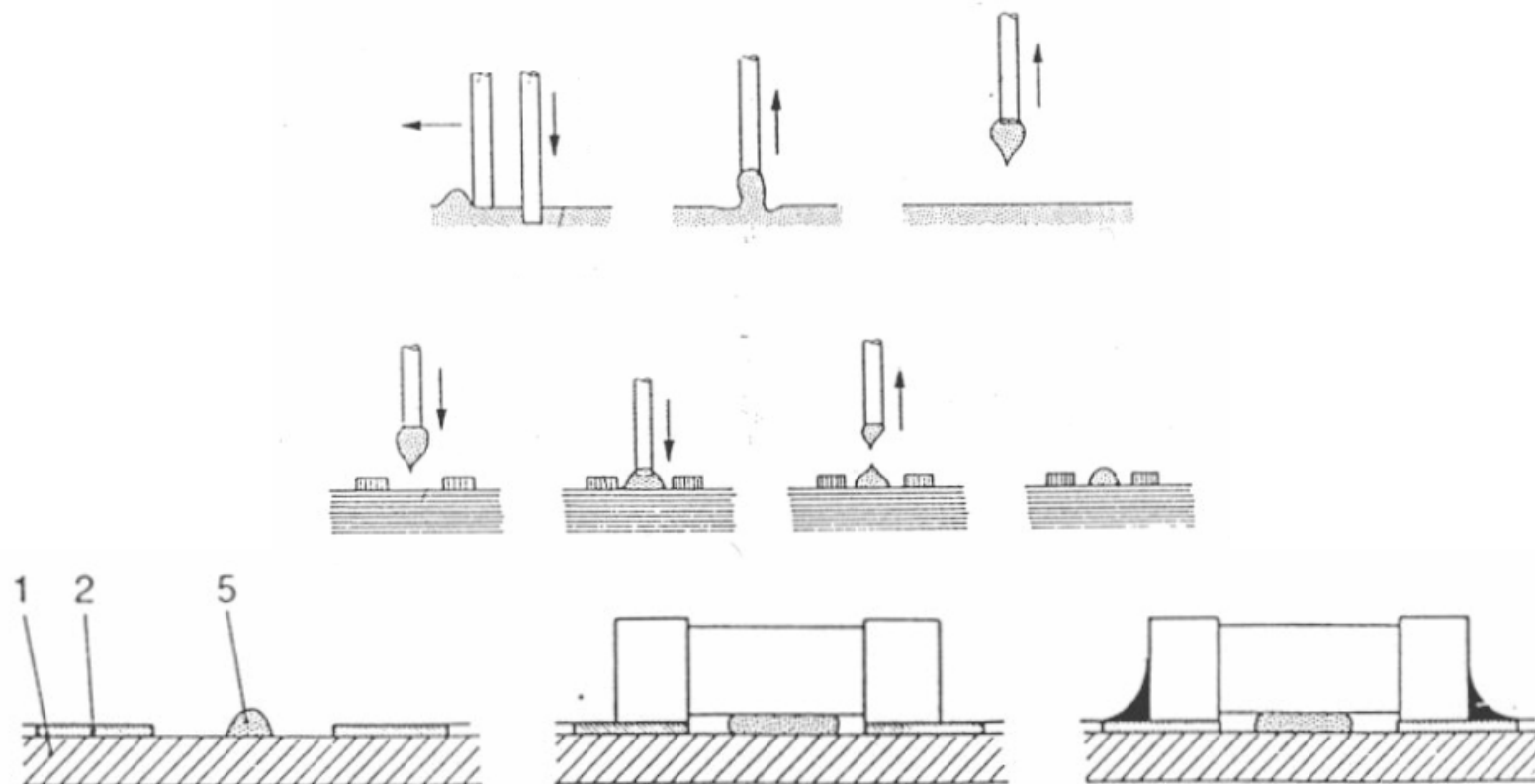
Proizvodni postupak za pločice tipa 2



Proizvodni postupak za pločice tipa 2

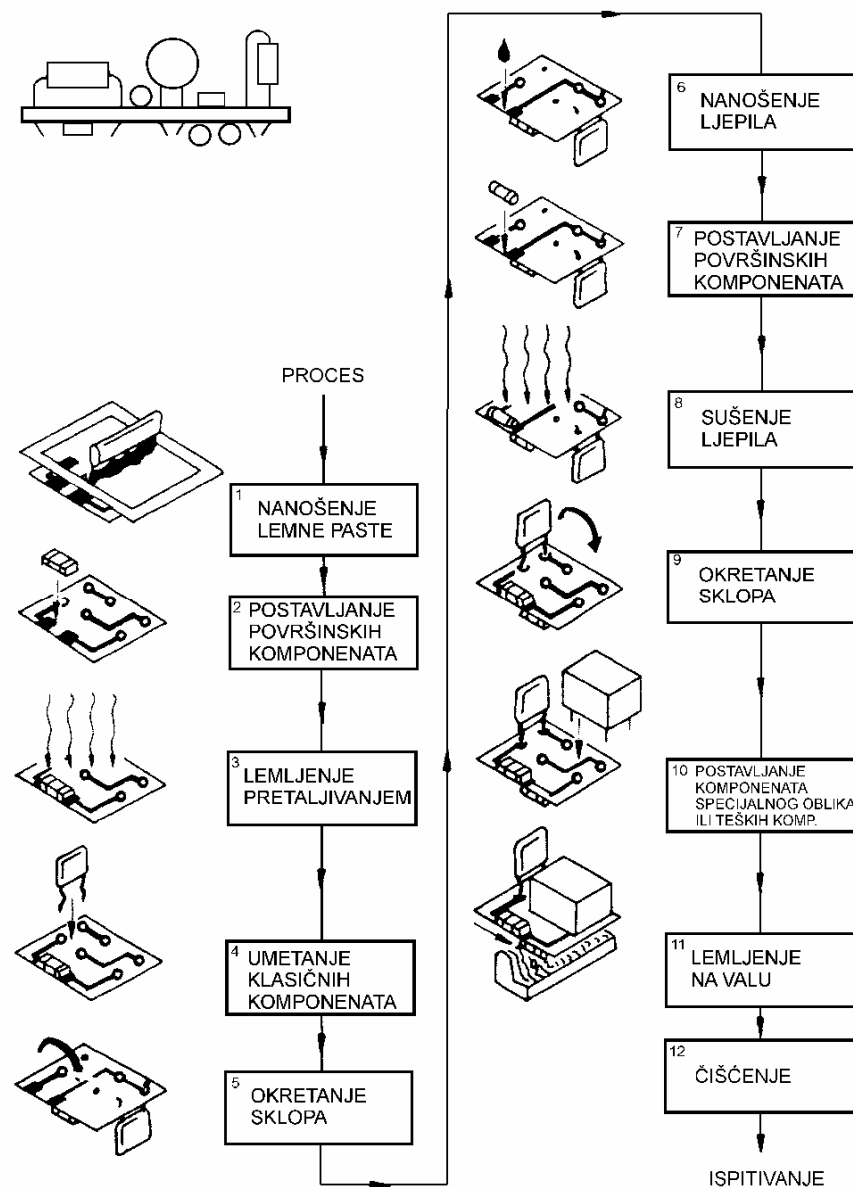
- nanošenje ljepila:
 - primjenom mikrodozatora, sitotiska ili pin transfera
 - potrebno kod postupka lemljenja na valu
(termostabilno ljepilo, sprječava ispadanje SMD komponentata)
- klasične komponente s jedne, a SMD s druge strane tiskane pločice
- lemljenje na valu

Proizvodni postupak za pločice tipa 2



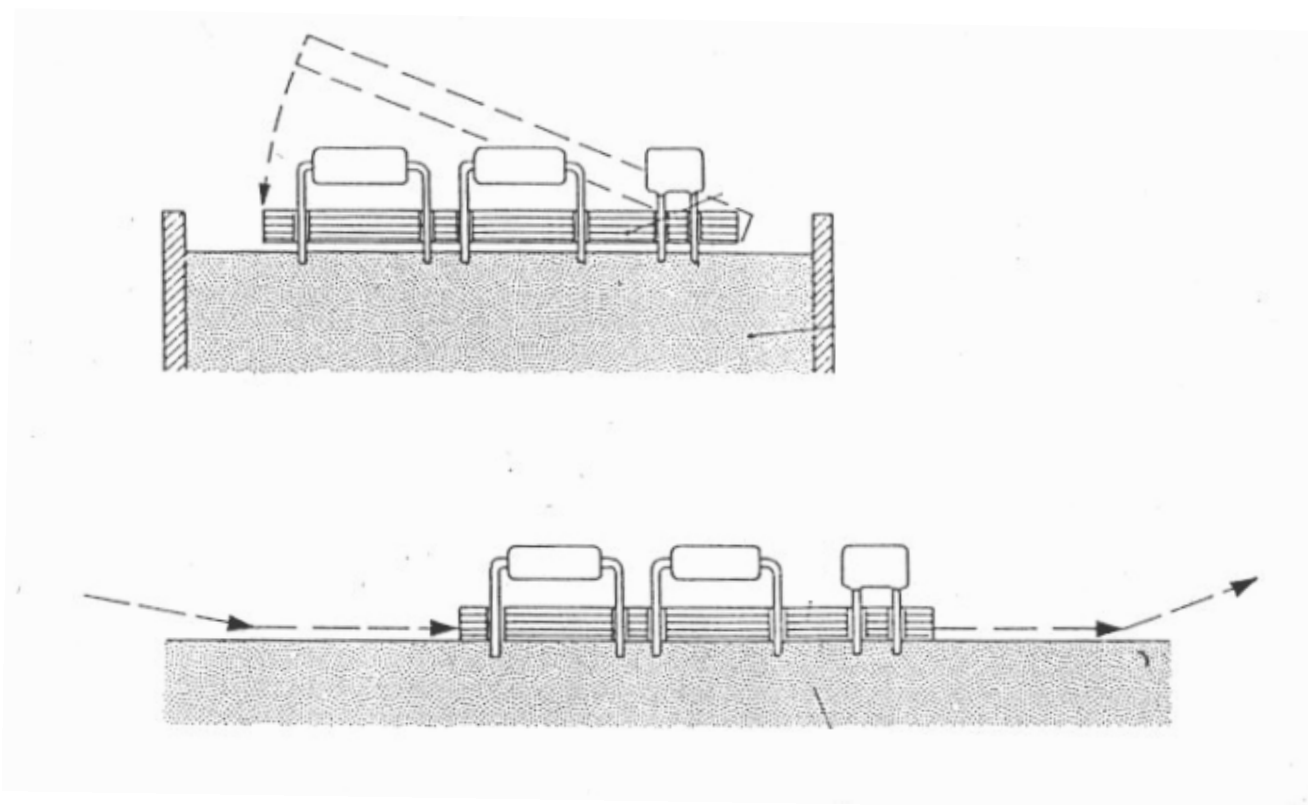
1 – izolacijska podloga tiskane pločice, 2 – vodljivi likovi, 5 – ljepilo

Proizvodni postupak za pločice tipa 3



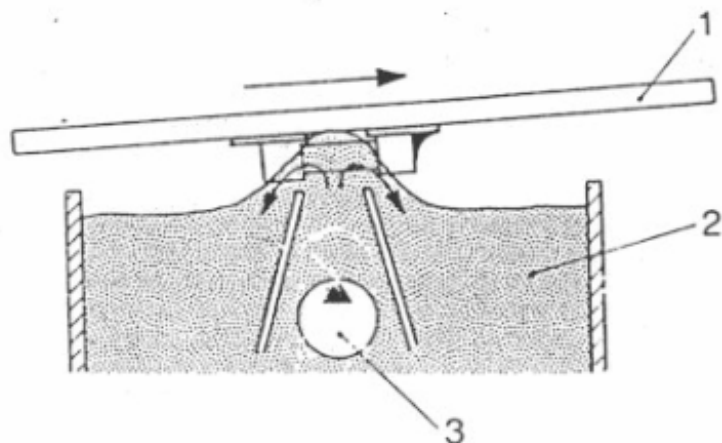
Tehnologije lemljenja

- lemljenje na leмноj kupki provlačenjem pločice

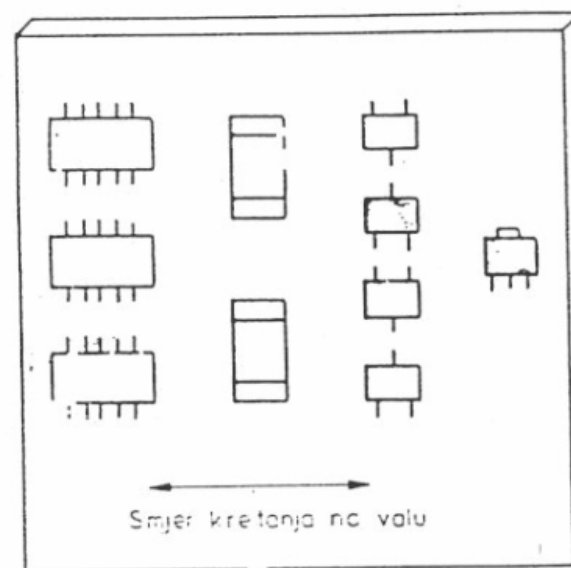


Tehnologije lemljenja

- lemljenje na valu



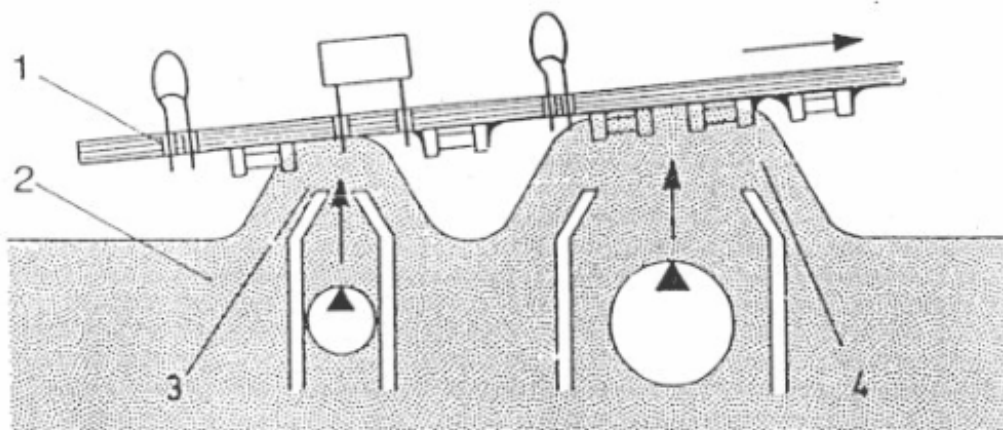
1 – tiskana pločica, 2 – lemna slitina,
3 – pumpa



pravilan smještaj SMD komponenata
za lemljenje na valu

Tehnologije lemljenja

- lemljenje na dvostrukom lemnom valu:



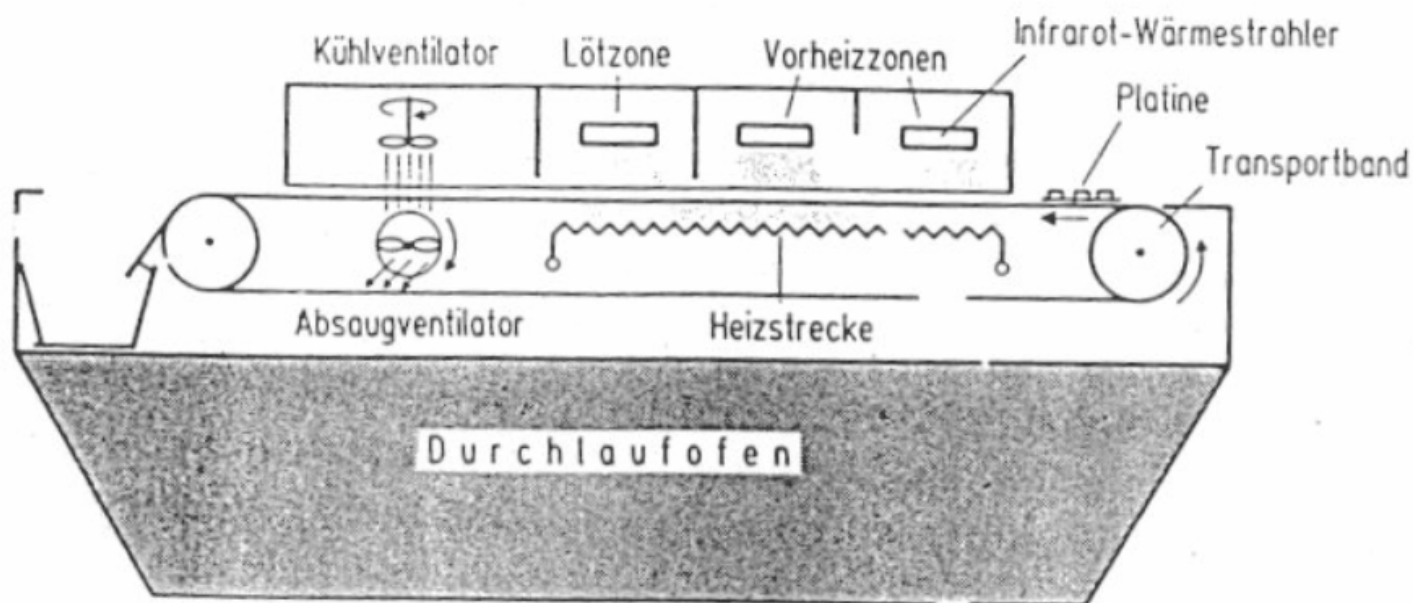
1 – tiskana pločica, 2 – lemena slitina,
3 – pumpa za predval, 4 – pumpa za glavni val

Lemljenje na valu

- nije potrebna *paste maska*, ali je neophodna *lemna maska* (zaustavni lak, *solder mask*) – sprječava premoštavanje vodljivih likova i ograničava potrošnju lemne slitine
- lemljenje na dvostrukom valu je bolje – sekundarni val uklanja višak lemne slitine

Tehnologije lemljenja

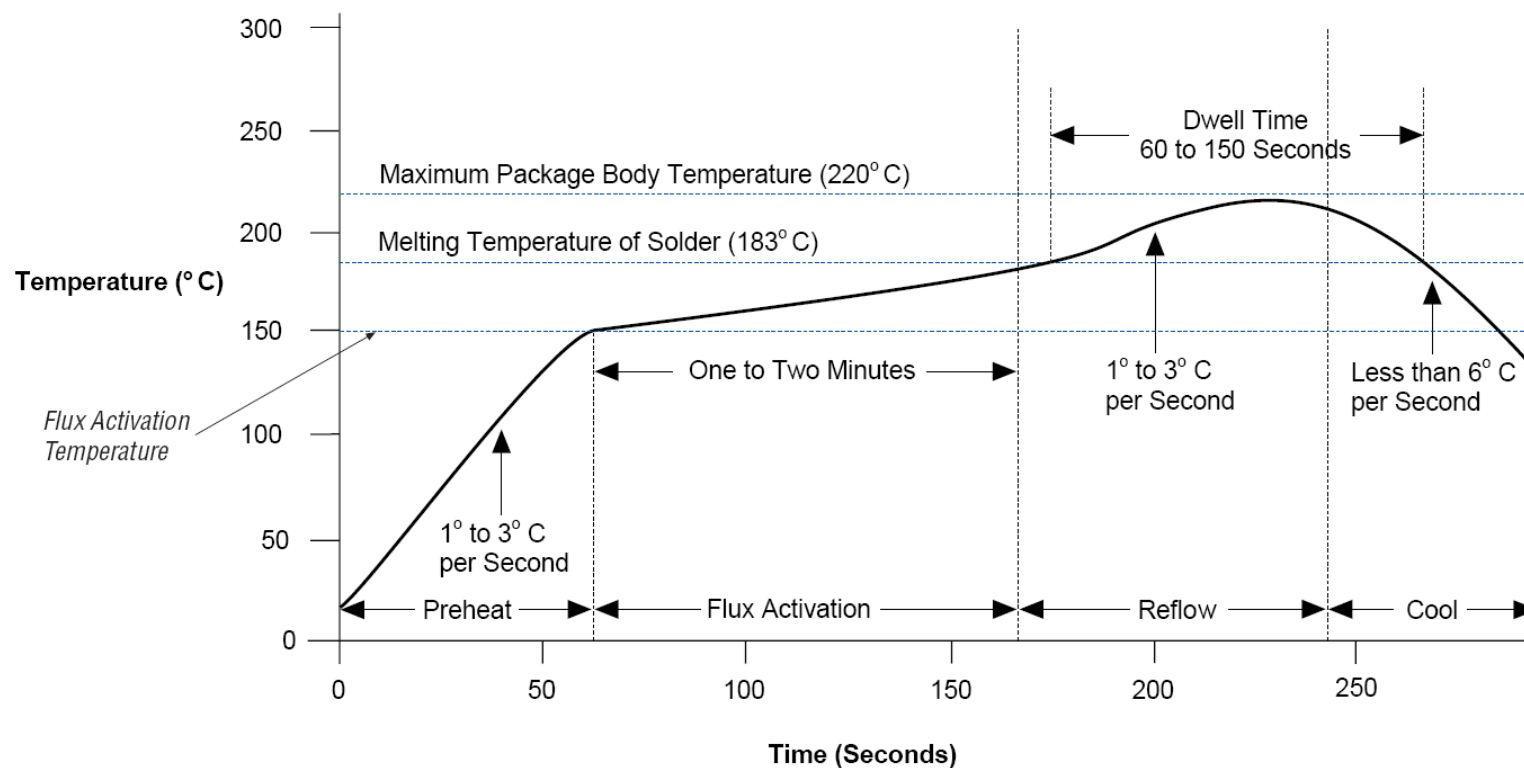
- lemljenje pretaljivanjem u infracrvenoj peći (*IR reflow soldering*)



Lemljenje pretaljivanjem u IC peći

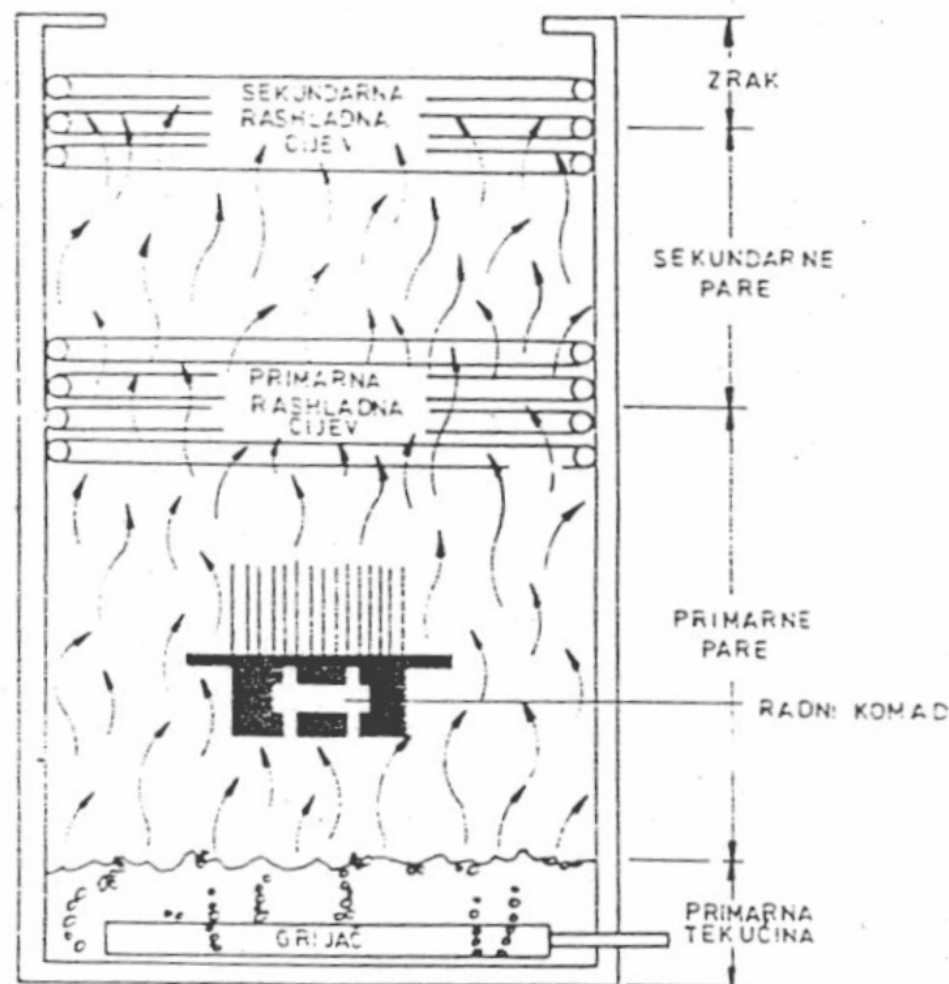
- lemljenje pretaljivanjem – pod utjecajem povišene temperature tali se lemna pasta
- tunnelske peći s nekoliko nezavisnih IC izvora i pokretnom trakom
- obavezna *paste maska*
- potrebno ostvariti temperaturni profil u skladu sa specifikacijama proizvođača

Primjer temperaturnog profila za lemljenje pretaljivanjem



Tehnologije lemljenja

- lemljenje na lemnim parama
(*vapor phase soldering*)



Lemljenje pretaljivanjem u plinovitoj fazi

- pločica se postavlja u paru inertnog fluorouglijika
- primarna tekućina – visoka cijena ($\sim 100\$/\text{kg}$)
- primarne i sekundarne pare
 - sloj sekundarnih para sprječava gubitak primarnih para u atmosferu
 - sekundarne pare imaju nižu temperaturu vrelišta
 - temperatura primarne rashladne cijevi održava se iznad temperature vrelišta sekundarnih para, ali dovoljno nisko za kondenzaciju primarne pare

Lemljenje pretaljivanjem – usporedba postupaka

IC pretaljivanje	Plinovita faza
Prednosti	
niža cijena postupka bolja kontrola parametara procesa	brzina jednolikost zagrijavanja tiskane pločice mogućnost trodimenzijskog lemljenja inertna radna atmosfera
Nedostaci	
ne radi se u inertnoj atmosferi	visoka cijena (skupa oprema i primarna tekućina)

Tehnologije lemljenja

- čišćenje sklopova:
 - lemna pasta sastoji se od fluksa i sitnih lemnih čestica ($\sim 50 - 150 \mu\text{m}$)
 - fluks – kemijsko sredstvo koje čisti okside s metalnih površina koje je potrebno međusubno zalemiti
 - zbog kemijske agresivnosti fluks je potrebno ukloniti nakon lemljenja postupkom čišćenja, kako ne bi došlo do degradacije svojstava tiskane pločice:
 - otapala
 - voda
 - ultrazvuk

Materijali (laminati) za SMT tiskane pločice

- SMT – povećana gustoća komponenata, ali i termička naprezanja uslijed disipacije
- važno uskladiti termičke koeficijente laminata α_{PCB} i kućišta SMD komponenata α_{SMD} (opasnost od pucanja spojeva)
- najčešće se koriste materijali FR-2 i FR-4
- mogućnost podešavanja termičkog koeficijenta rastezanja α_{PCB} zamjenom npr. staklenih vlakana drugim materijalima i dodavanjem kovinskih slojeva u laminat

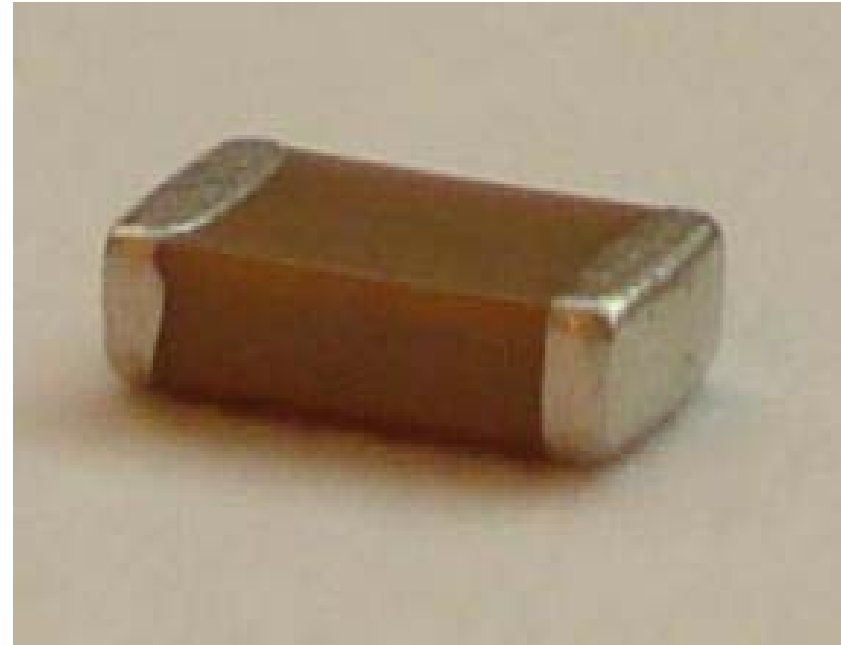
SMD komponente

- Pasivne:
 - otpornici
 - kondenzatori (elektrolitski, keramički)
 - zavojnice
 - kristali
 - filtri itd.
- Aktivne:
 - diode
 - svjetleće diode (*light-emitting diode*, LED)
 - tranzistori
- Integrirani sklopovi
 - najčešća kućišta: SOT, SOIC, QFP, QFN, PLCC, BGA

SMD komponente - pasivne



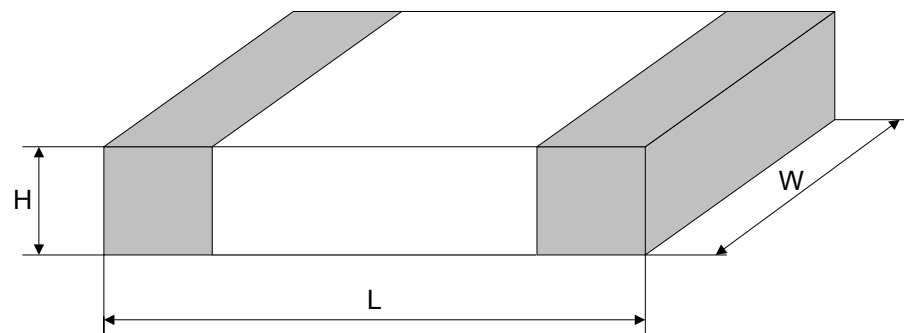
SMD otpornik



SMD keramički kondenzator

- Manje kućište → manji U_{\max} i P_{\max}

SMD komponente - pasivne



Oznaka	<i>L</i> , mm	<i>W</i> , mm	<i>H</i> , mm
0201 (0525)	0,6	0,3	0,23
0402 (1005)	1,0	0,5	0,35
0603 (1608)	1,55	0,85	0,45
0805 (2012)	2,0	1,25	0,45
1206 (3216)	3,2	1,6	0,55
1210 (3225)	3,2	2,5	0,55
2010 (5025)	5,0	2,5	0,6
2512 (6332)	6,3	3,15	0,6

Oznaka: *xxyy*

xx – duljina u stotinkama inča

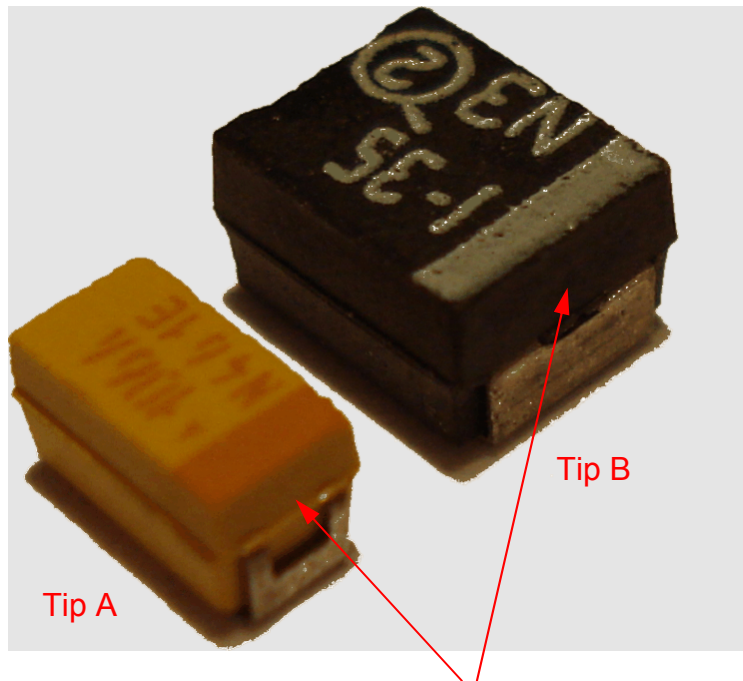
yy – širina u stotinkama inča

1206: $L = 0,12''$

$W = 0,06''$

SMD komponente - pasivne

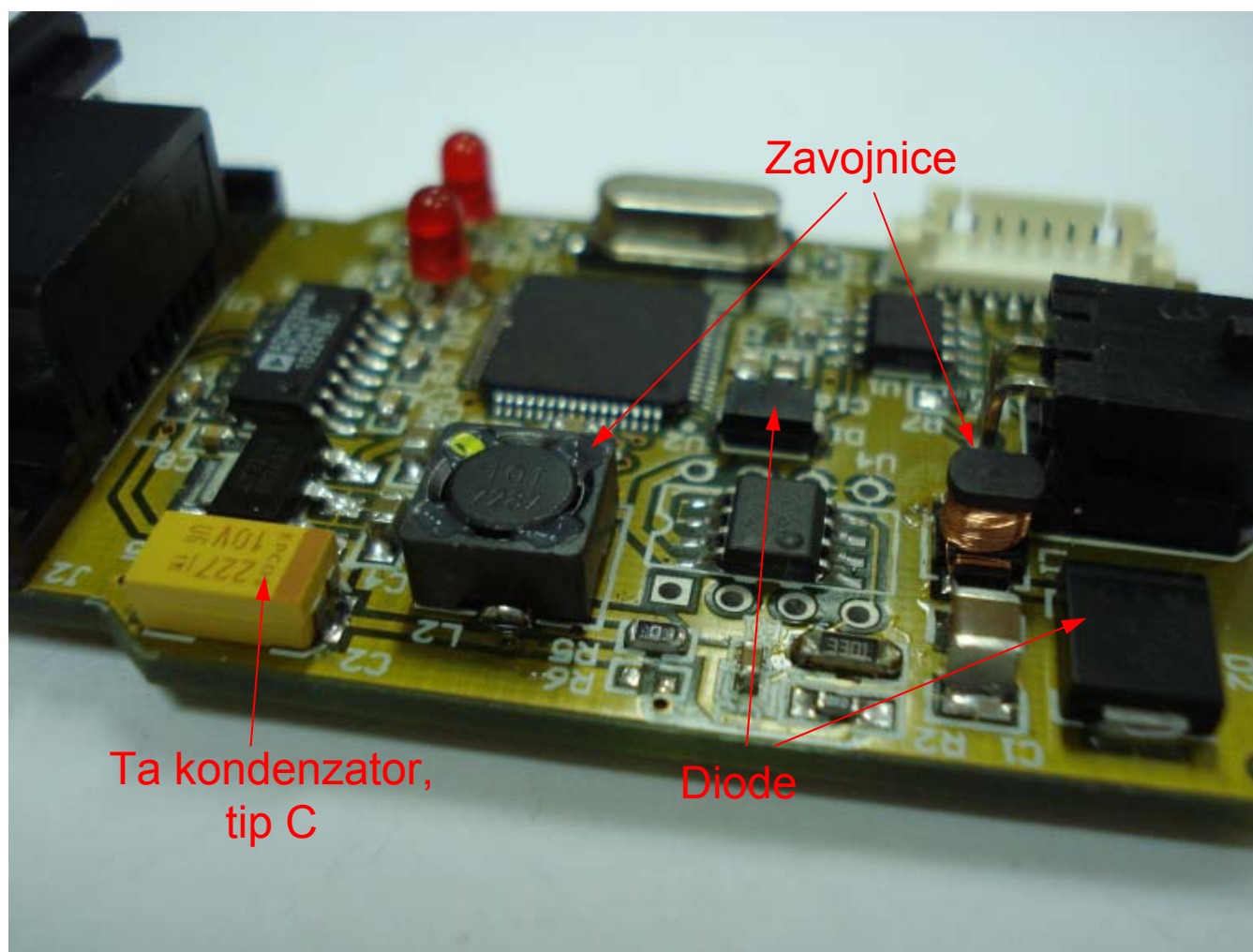
- Elektrolitski kondenzator (tantal)



Tip	<i>L</i> , mm	<i>W</i> , mm	<i>H</i> , mm
A	3,2	1,6	1,6
B	3,5	2,8	1,9
C	6,0	3,2	2,2
D	7,3	4,3	2,4
E	7,3	4,3	4,1

oznaka se uvijek odnosi na “+” priključak

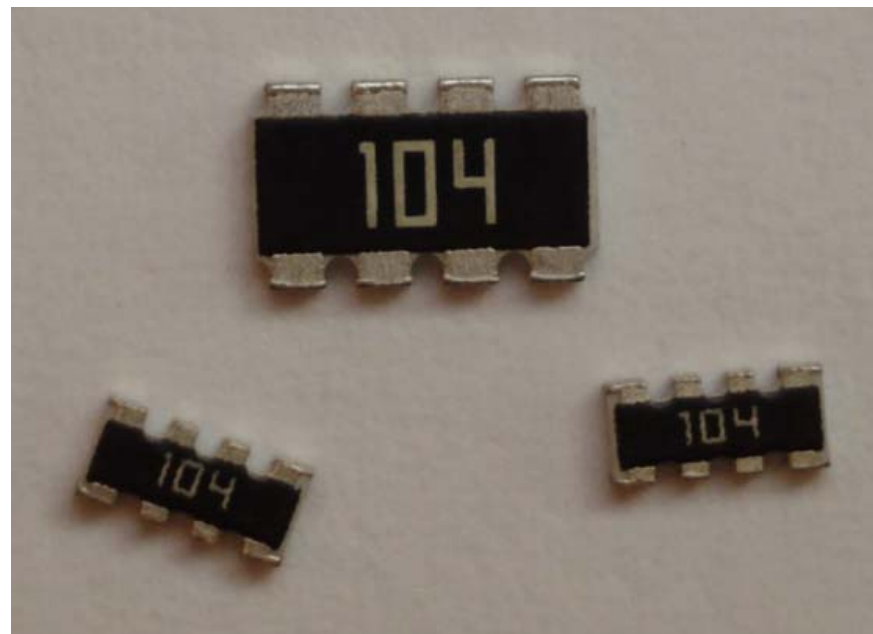
SMD komponente – primjeri kućišta



SMD komponente – primjeri kućišta

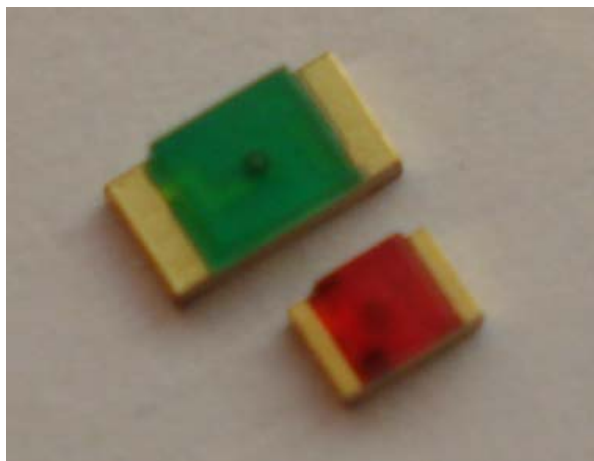


elektrolitski aluminijski kondenzator

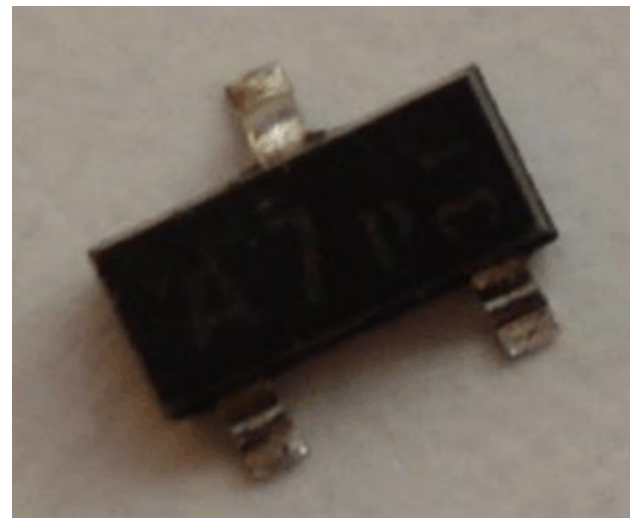


otpornička polja, 1206 i 0805

SMD komponente - aktivne



LED, 1206 i 0805

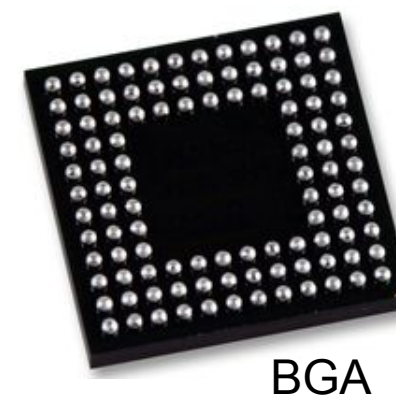
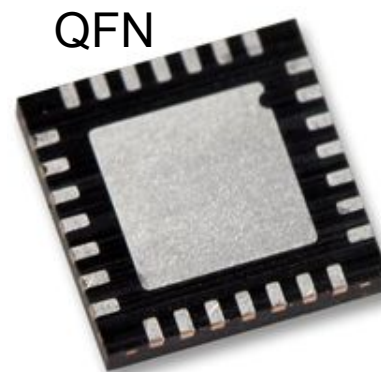
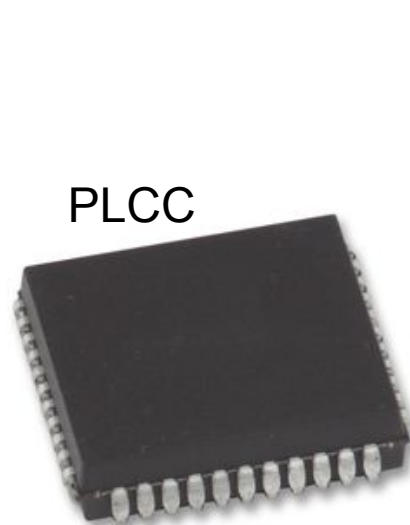
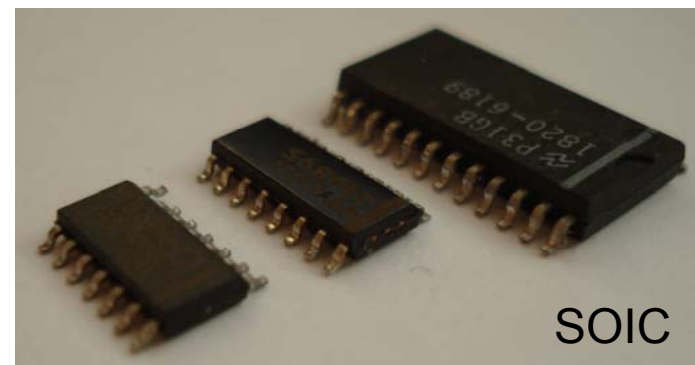
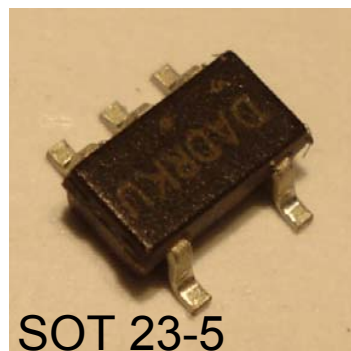


Tranzistor, SOT 23

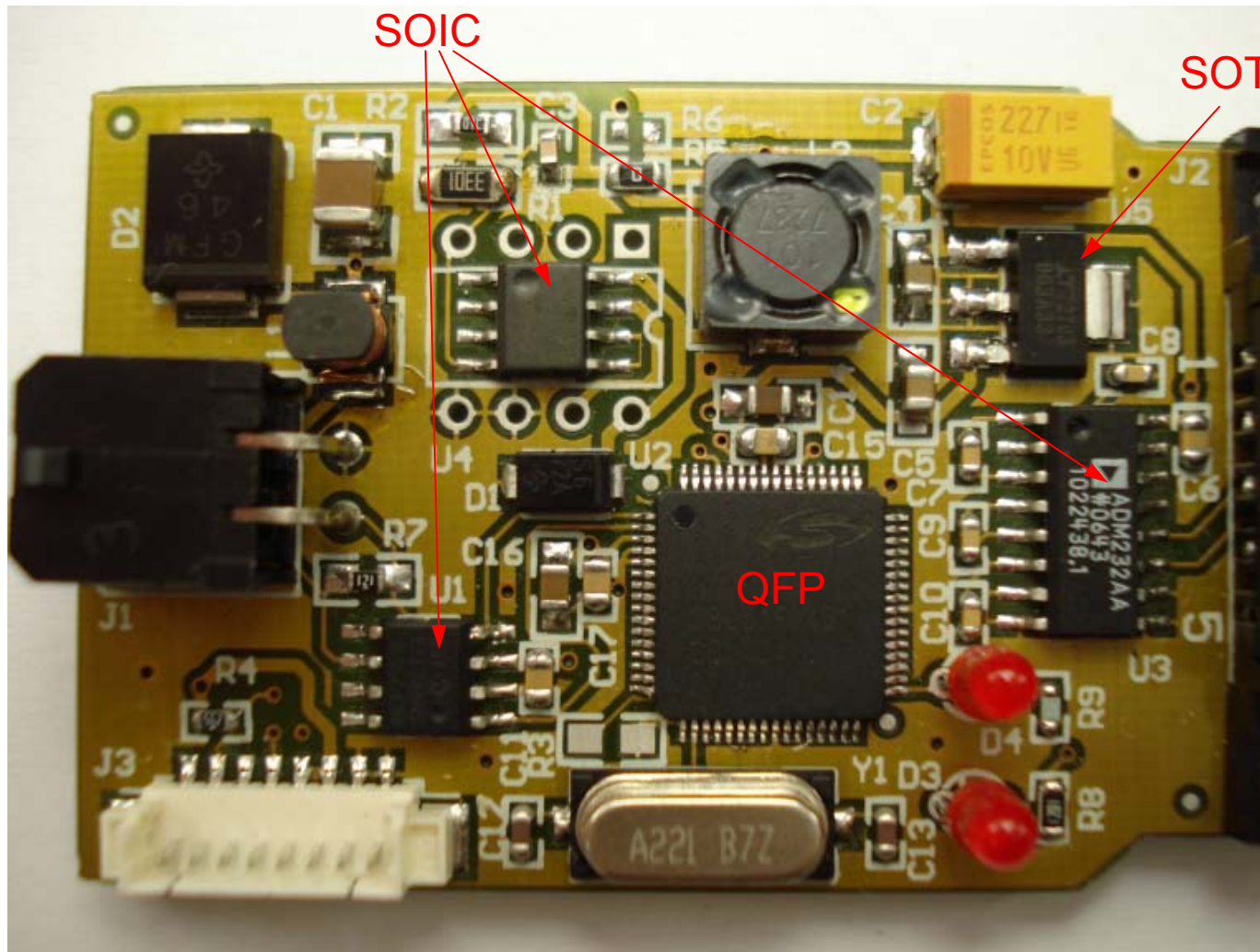


Dioda, SOD 80C
(MLL34, MELF)

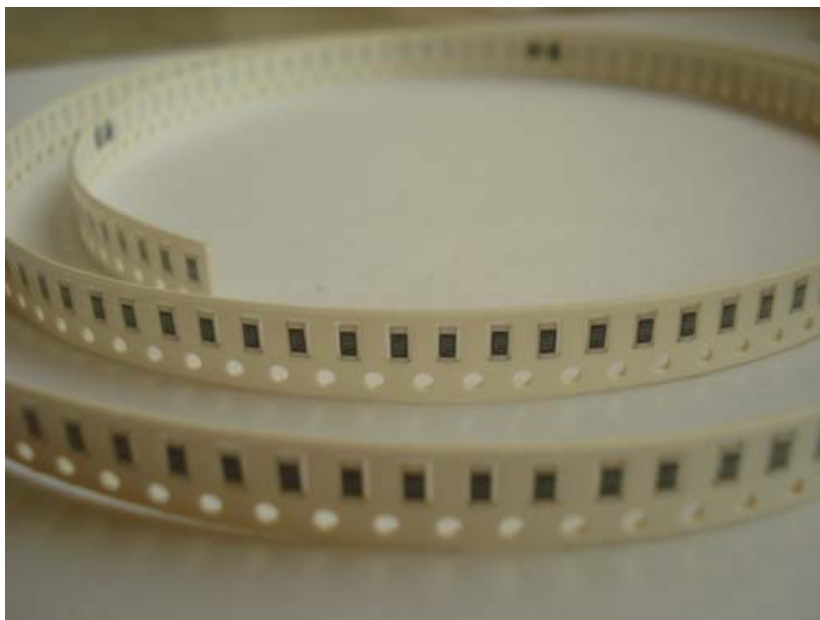
SMD komponente – integrirani sklopovi



SMD komponente – integrirani sklopovi

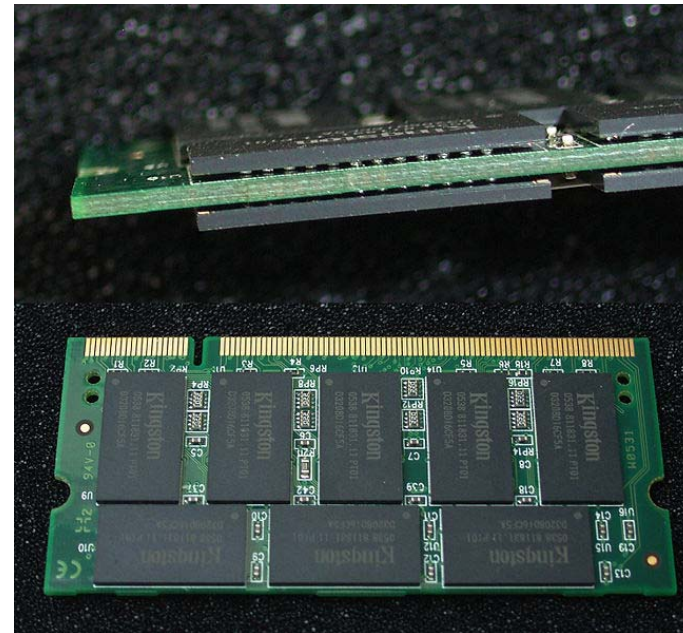
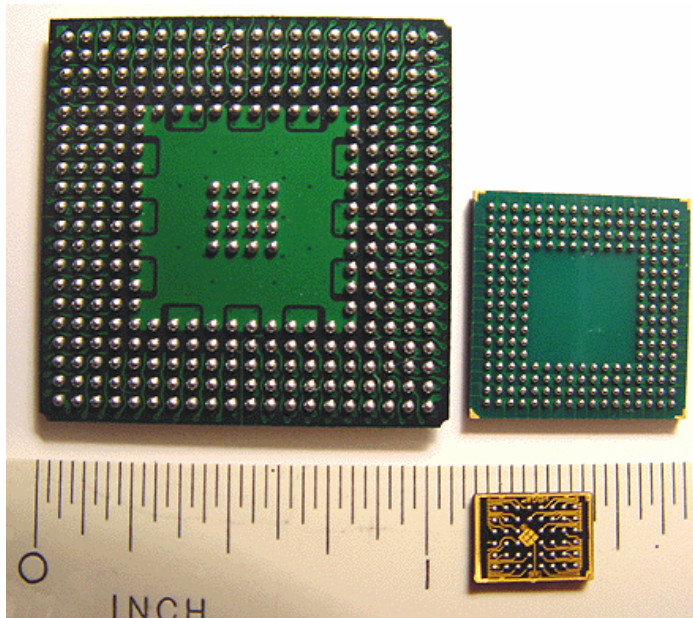


SMD komponente - pakiranja



BGA (*ball grid array*) kućišta

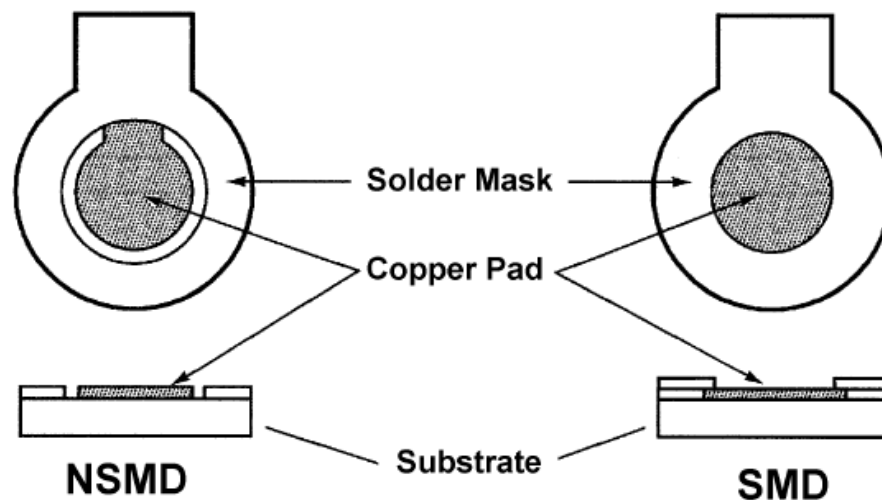
- prednosti BGA tehnologije:
 - kraće električne veze → manji parazitni induktiviteti, veća brzina rada
 - manja mehanička osjetljivost izvoda u odnosu na ostala SMD kućišta
 - veći razmak među lemnim točkama
 - bolja termička svojstva



BGA (*ball grid array*) kućišta

- tipovi lemnih točaka:
 - *Non-Solder Mask Defined pads* (NSMD)
 - *Solder Mask Defined pads* (SMD)

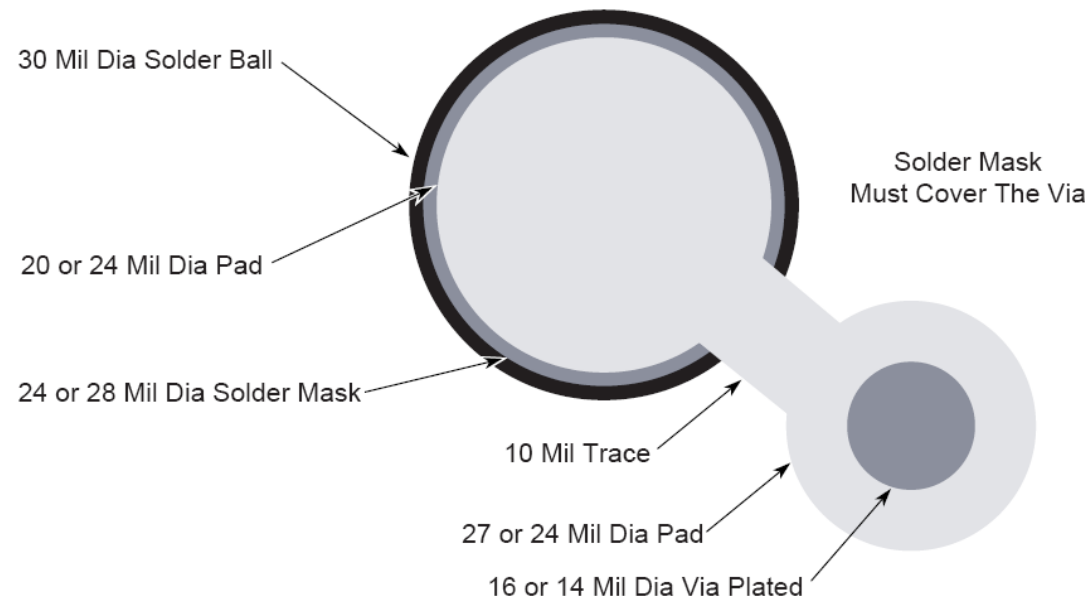
SOLDER PAD GEOMETRY



- NSMD - veličina lemne točke ovisi o procesu jetkanja bakra (manje precizan od foto-postupka nanošenja stop laka)
- prednost: više mjesta za vodove
- nedostatak: brži zamor materijala prilikom temperaturnih promjena (veća mogućnost pucanja lemova)

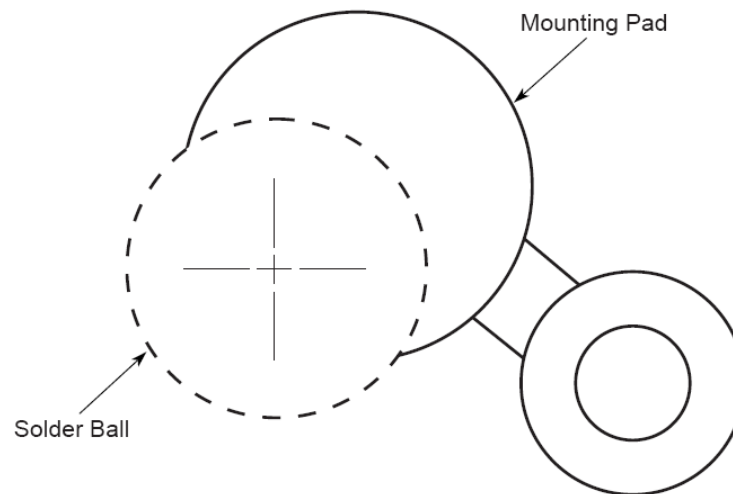
BGA (*ball grid array*) kućišta

- projektiranje vodljivih likova:
 - koriste se višeslojne tiskane pločice
 - izolirati prospojnu rupu (*via*) od SMD lemnog mjesta (inače će leml biti povučen u prospojnu rupu)



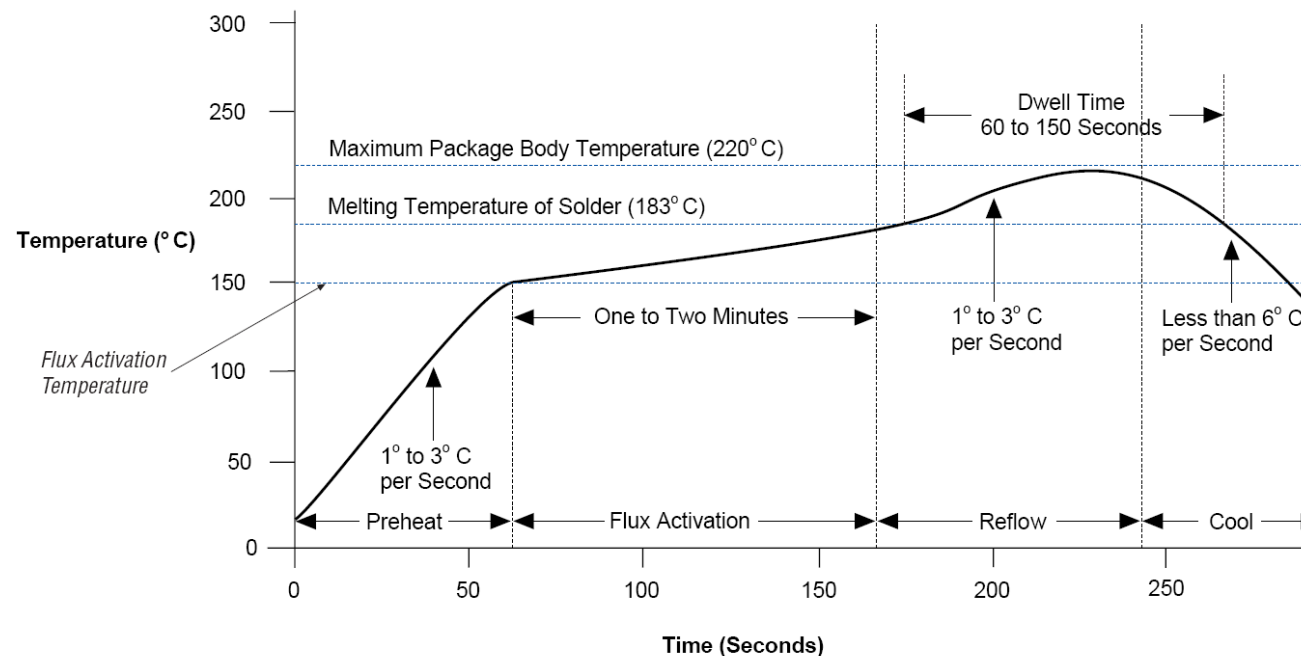
Lemljenje BGA kućišta

- BGA kućišta imaju svojstvo samocentriranja
- prilikom postavljanja kuglice BGA kućišta moraju prekrivati barem 50% površine lemnih mjesta
- uslijed površinske napetosti, tijekom vršne vrijednosti temperature, komponenta će biti povučena u središte lemne točke



Lemljenje BGA kućišta

- definiranje temperaturnog profila za svaku tiskanu pločicu, ovisi o:
 - gustoći komponenata na tiskanoj pločici
 - obliku, masi i površini pločice
 - masi, međusobnom položaju i veličini komponenata na pločici



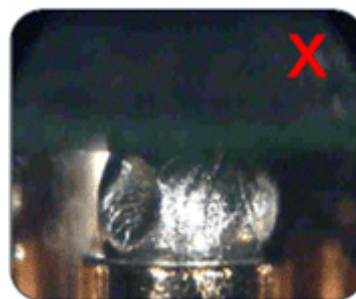
Ispitivanje lemnih spojeva kod BGA kućišta

- optičko ispitivanje
 - uz pomoć optičkih prizmi pomoću kojih je moguće vrlo precizno vidjeti većinu spojeva

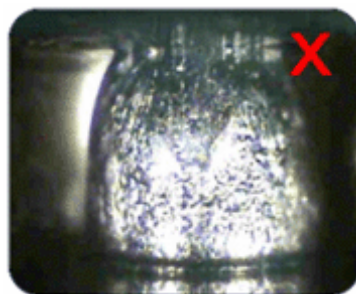
Nezalemljena kuglica



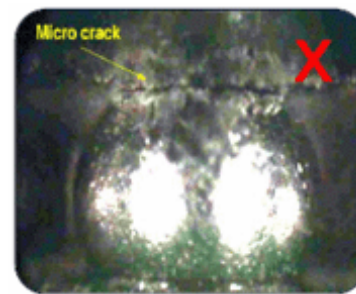
Nepotpun spoj



Izduženi spoj

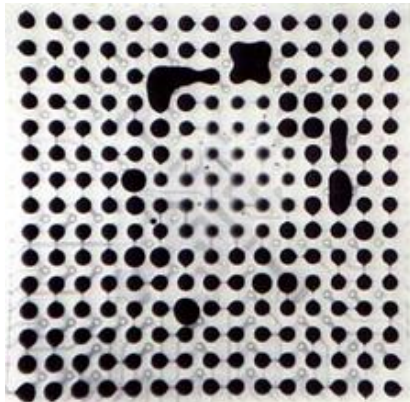


Mikropukotina

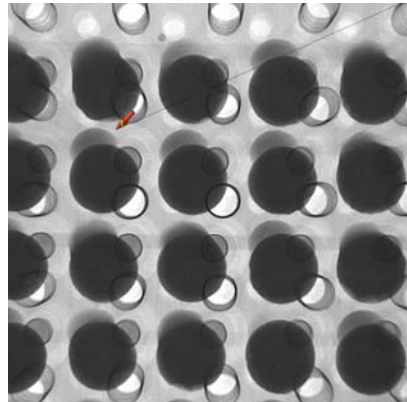


Ispitivanje lemnih spojeva kod BGA kućišta

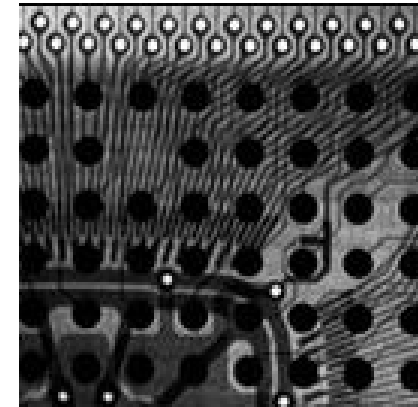
- rendgensko ispitivanje:
 - općeprihvaćena metoda kontrole kvalitete
 - bolja od optičkog ispitivanja



Kratki spojevi (zatamnjena mjesta - kratki spojevi među kuglicama)

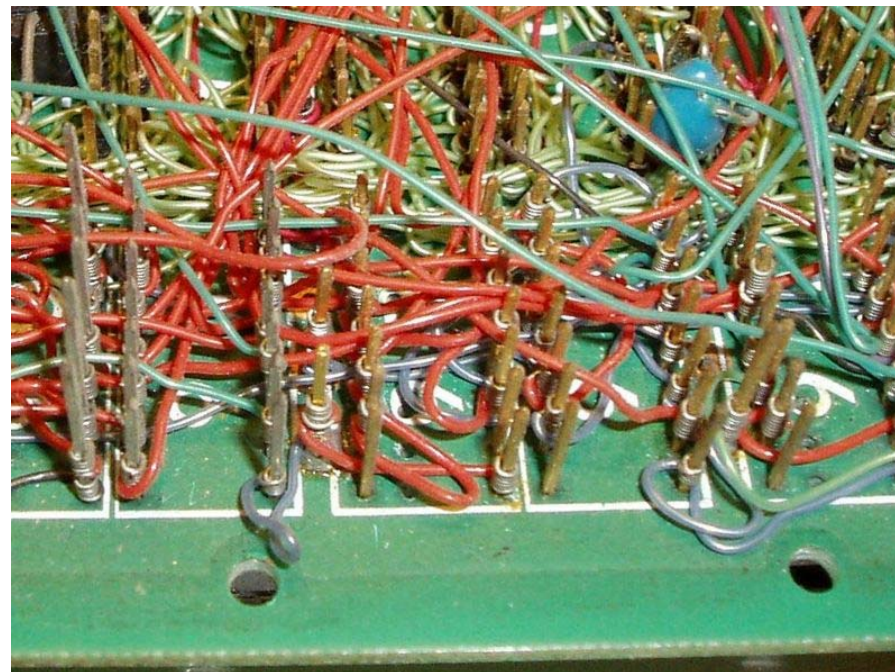
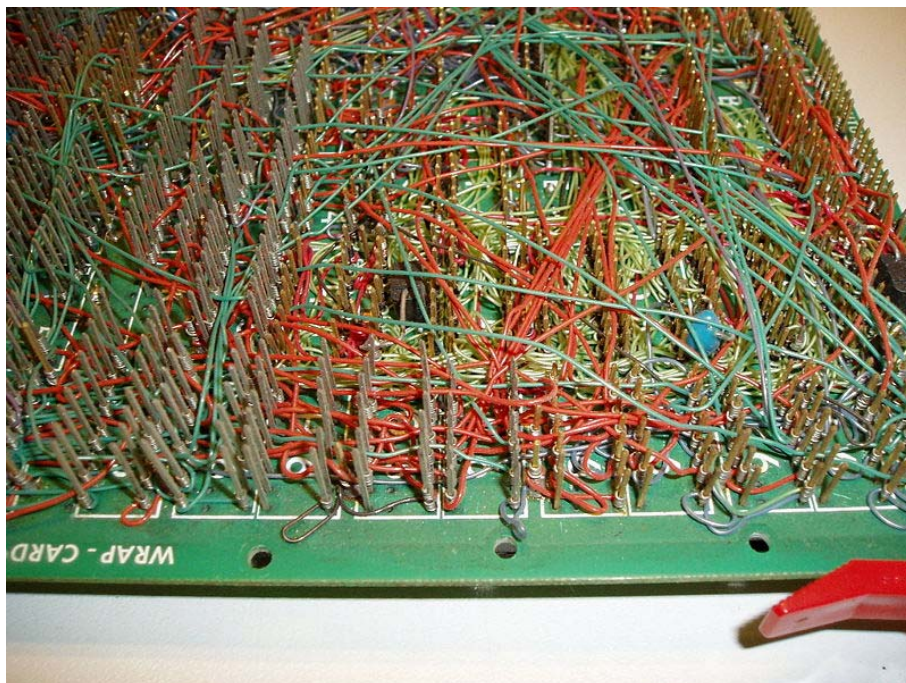


Pomak čipa (loše pozicioniranje čipa)



Nedostatak spoja

Tehnika omčastog povezivanja

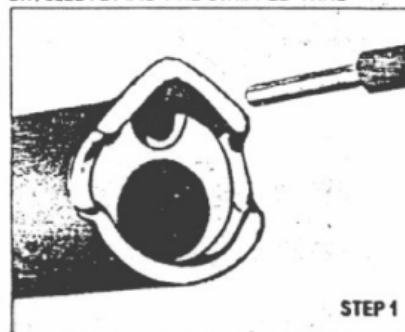


Tehnika omčastog povezivanja

WIRE - WRAPPING

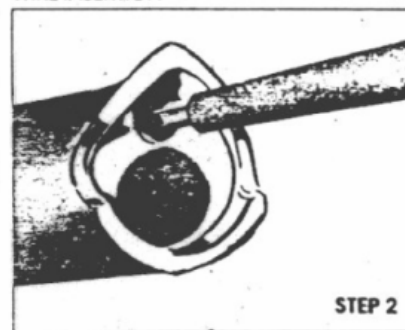
POSTUPAK I ALATI

BIT, SLEEVE AND PRE-STRIPPED WIRE



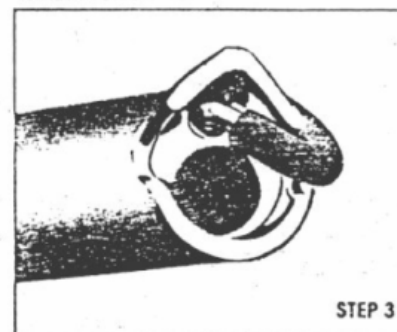
STEP 1

WIRE INSERTION



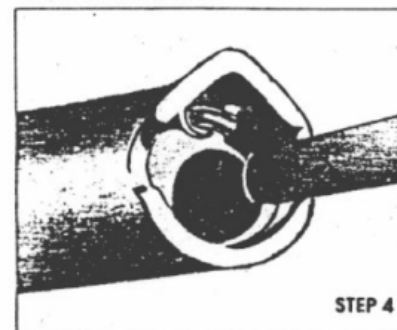
STEP 2

WIRE ANCHORING



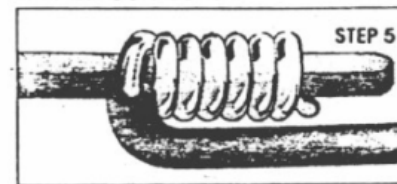
STEP 3

TERMINAL INSERTION



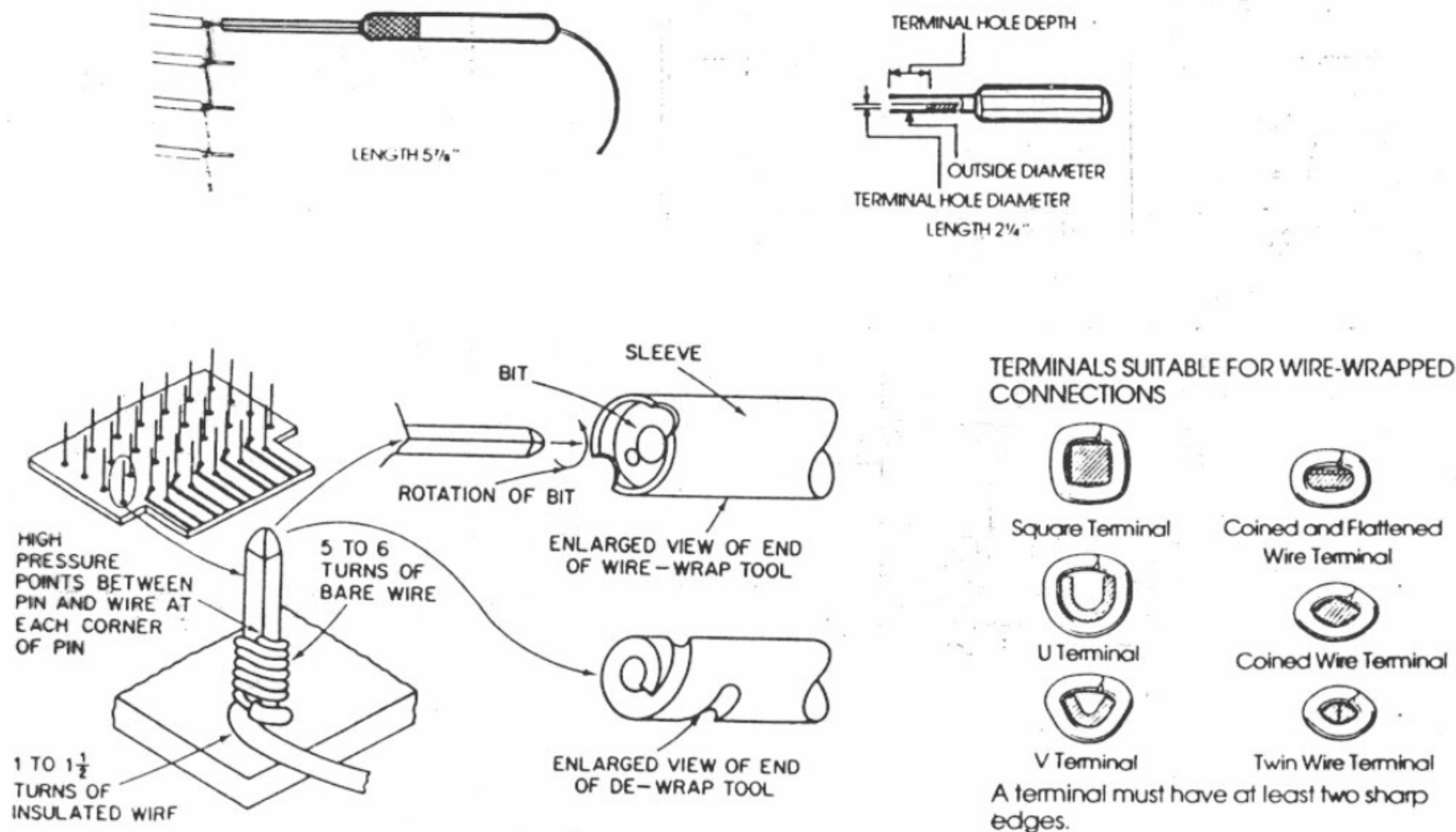
STEP 4

FINISHED CONNECTION

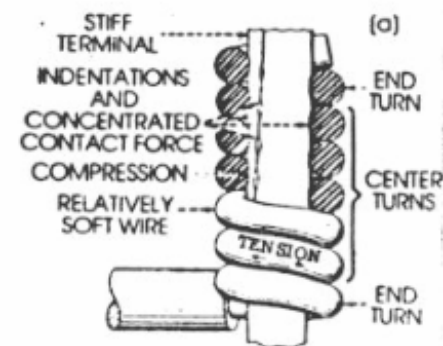
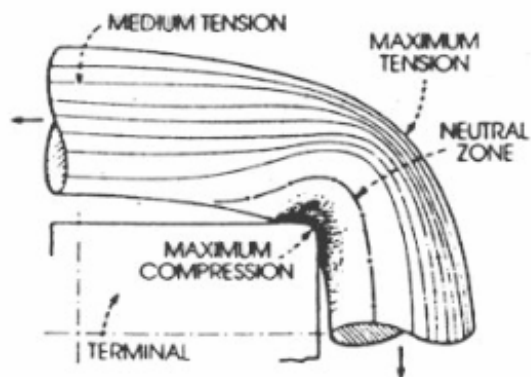


STEP 5

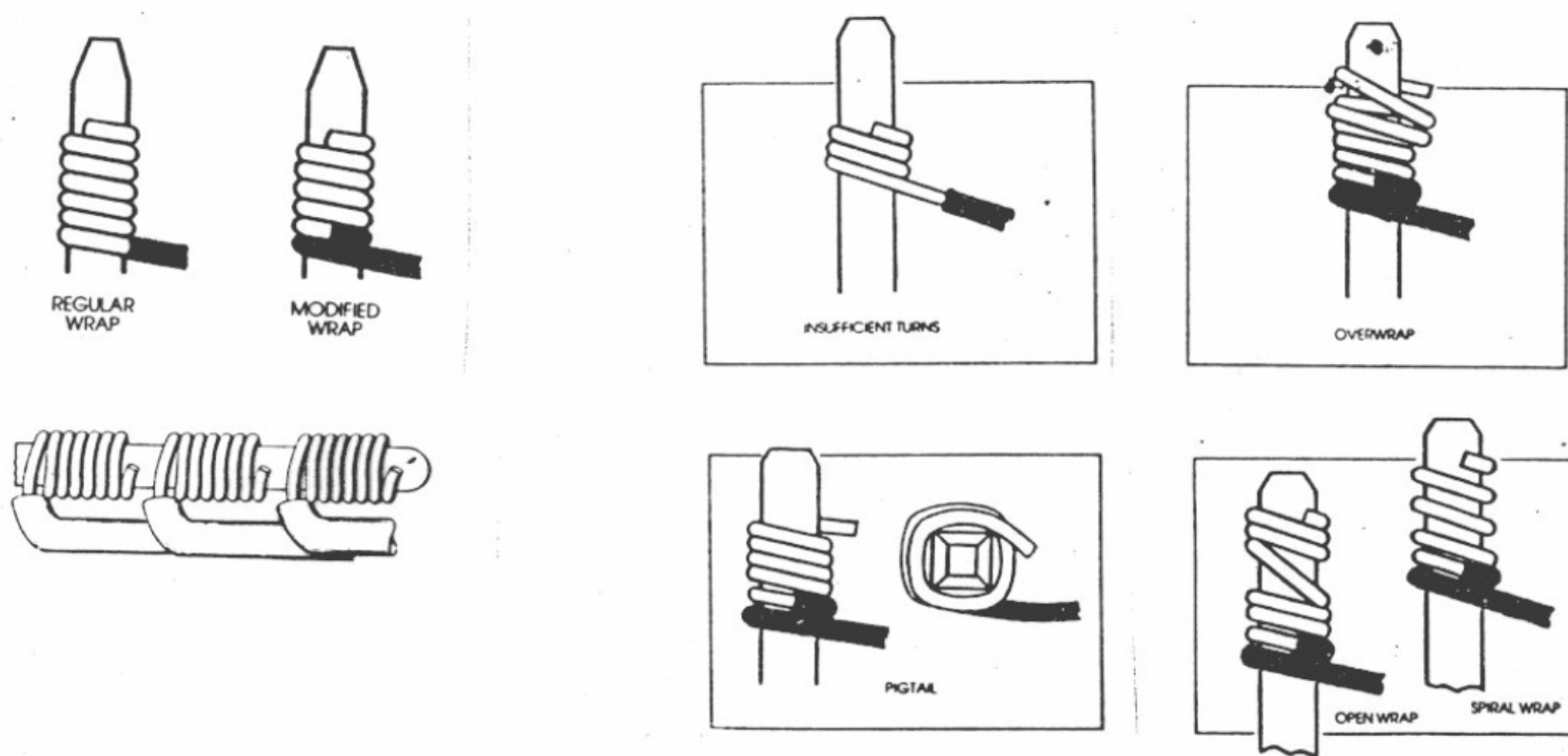
Tehnika omčastog povezivanja



Tehnika omčastog povezivanja



Tehnika omčastog povezivanja



dobro

loše