

E C O S I G N

Ekološko snovanje elektronskih naprav

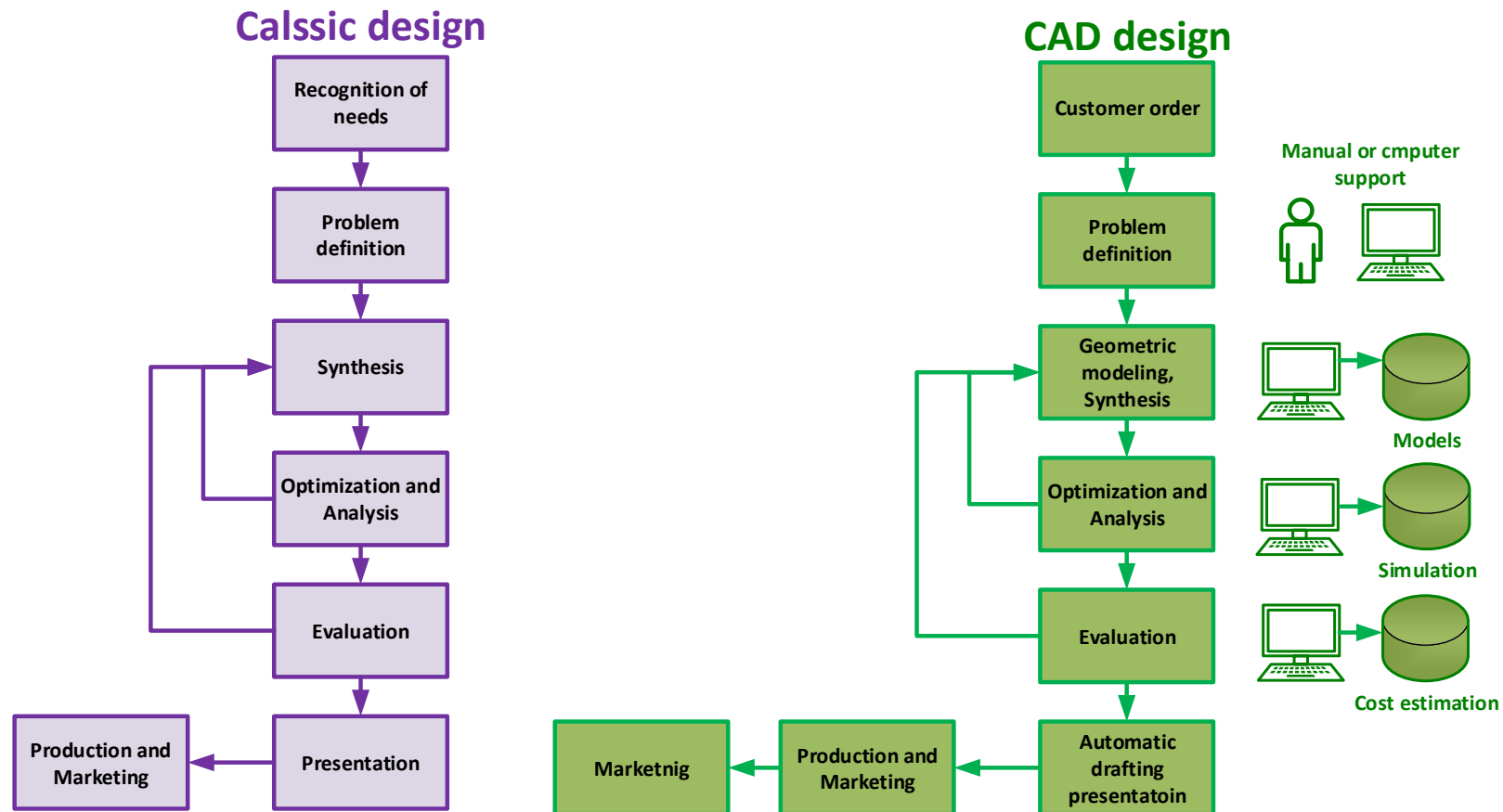
ENOTA 11: Računalniško podprto snovanje elektronskih naprav

Računalniško podprto snovanje elektronskih naprav

- Računalniško podprto načrtovanje CAD ('Computer aided design') je uveljavljeno na mnogih industrijskih področjih.
- CAD načrtovanje pomeni, da v procesu snovanja uporabljamo orodja informacijskih tehnologij – IT.
- CAD načrtovanje je sestavljeno iz strojnega dela ('Hardware'), specifične programske opreme ('Software') ter zunanjih naprav in vmesnikov. Jedro CAD načrtovanja je programski paket, ki uporablja grafiko za prikazovanje, različne podatkovne baze in gonilnike za periferen naprave.
- Bistvo CAD načrtovanja je navedeno v naslednjih alinejah:
 - ❖ Natančna grafična predstavitev izdelka. Prav tako je izdelek preprosteje analizirati, spreminjati ter nadgrajevati.
 - ❖ Omogočajo kompleksno snovanje v zelo kratkem času.
 - ❖ Omogočajo simulacijo različnih pojavov, kot so: električni, kemični, termični in mehanski.
 - ❖ S pomočjo simulacijskih orodij je možno preprosteje zagotoviti optimalni pristop k načrtovanju ter sam končni izdelek.

Računalniško podprto snovanje elektronskih naprav

- Primerjava klasičnega in CAD načrtovanja:



Načrtovanje tiskanih vezij

- Načrtovanje tiskanih vezij-PCB ('Printed Circuit Board') pri snovanju elektronskih naprav je ključna naloga vsakega razvoja.
- S postopkov načrtovanja tiskanine določimo vse elemente ter velikost samega vezja. Pri izbiri komponent ter velikosti tiskanine lahko zadostimo mnogim ekološkim smernicam.
- V današnjem času poznamo mnoge napredne tehnologije, ki omogočajo več plastne tiskanine. Več plastne tiskanine omogočajo manjšo površino vezja ter posledično nekoliko nižjo porabo materiala tiskanine.
- Pri izdelavi tiskanine je tako potrebno najti kompromis med izbranimi elementi ter velikostjo tiskanine, ki imajo v fazi proizvodnje čim nižji ekološki vpliv.
- Standarde za načrtovanje tiskanine nadzoruje združenje IPC. IPC skrbi za standardizacijo izdelave tiskanih vezij ter uporabe materialov. Glavni dokument, ki pokriva načrtovanje tiskanih vezij je dokument ICP-2221-'Generic Standard on Printed Board Design'.



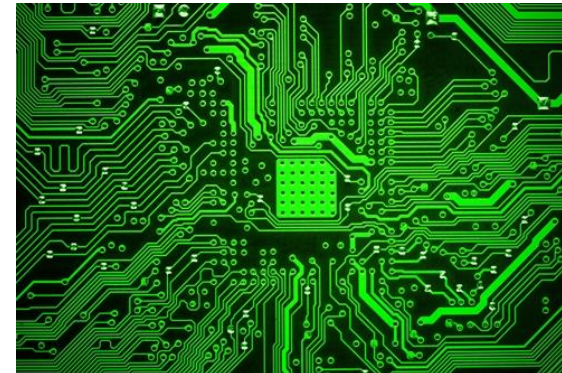
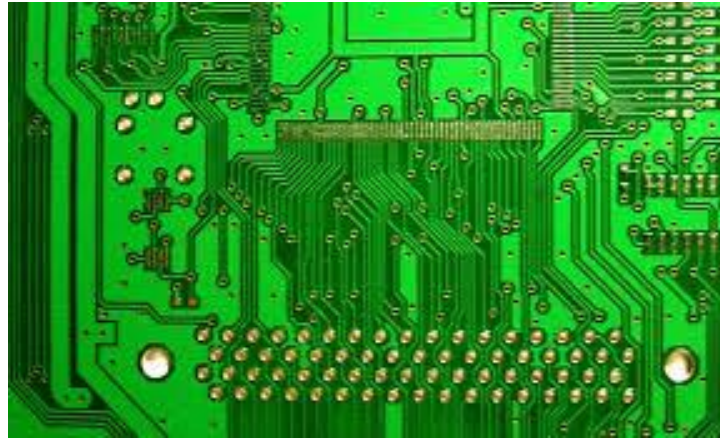
Načrtovanje tiskanih vezij

- Načrtovanje tiskanih vezij-PCB ('Printed Circuit Board') pri snovanju elektronskih naprav je ključna naloga vsakega razvoja.
- S postopkov načrtovanja tiskanine določimo vse elemente ter velikost samega vezja. Pri izbiri komponent ter velikosti tiskanine lahko zadostimo mnogim ekološkim smernicam.
- V današnjem času poznamo mnoge napredne tehnologije, ki omogočajo več plastne tiskanine. Več plastne tiskanine omogočajo manjšo površino vezja ter posledično nekoliko nižjo porabo materiala tiskanine.
- Pri izdelavi tiskanine je tako potrebno najti kompromis med izbranimi elementi ter velikostjo tiskanine, ki imajo v fazi proizvodnje čim nižji ekološki vpliv.
- Standarde za načrtovanje tiskanine nadzoruje združenje IPC. IPC skrbi za standardizacijo izdelave tiskanih vezij ter uporabe materialov. Glavni dokument, ki pokriva načrtovanje tiskanih vezij je dokument ICP-2221-'Generic Standard on Printed Board Design'.



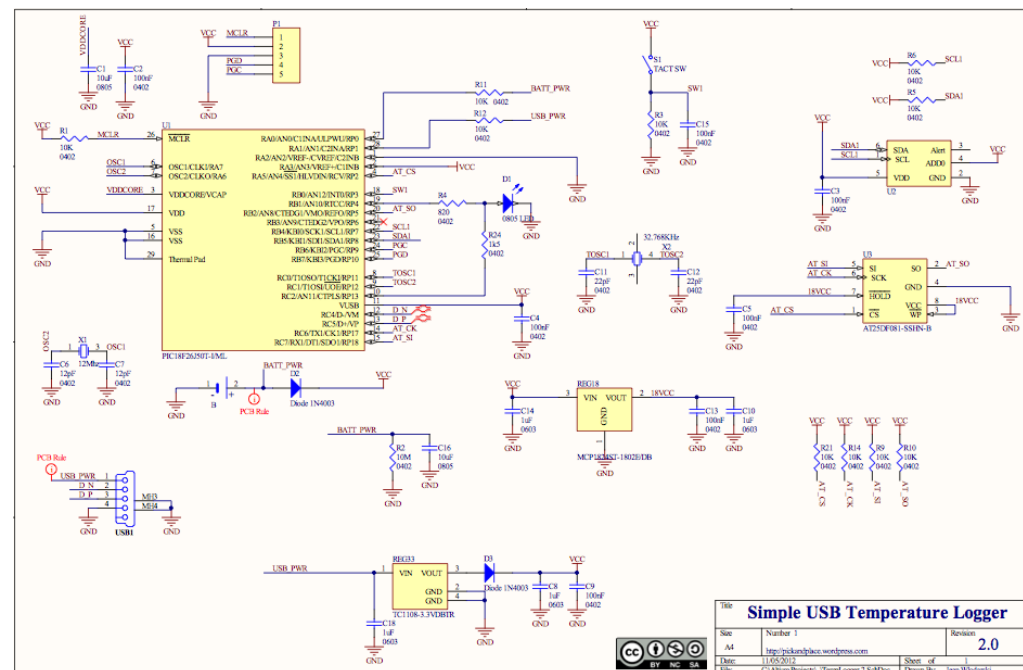
Načrtovanje tiskanih vezij

- Standardi koraki pri načrtovanju tiskanine so:
 - **Specifikacija projekta.**
 - **Načrtovanje električne sheme.**
 - **Načrtovanje tiskanega vezja.**
 - **Prototipiranje**
 - **Testiranje**
 - **Proizvodnja**



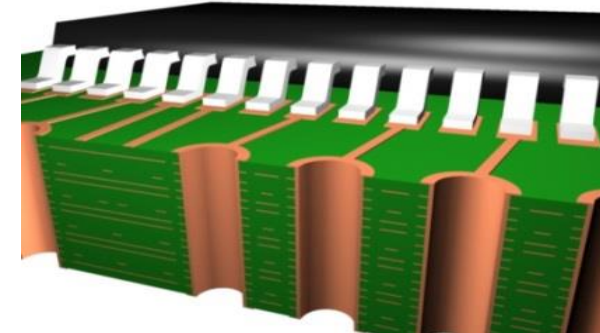
Načrtovanje električnih shem

- Pri načrtovanju električnih shem je pomembno, da je shema urejena, povezave so logične in čim manj križanja med seboj.
- Prav tako je dobra shema načrtovana tako, da je zelo podobna tudi končni tiskanini.
- Držimo se nepisanega pravila vsi vhodi so na levi in vsi izhodi na desni strani sheme. Po potrebi se poslužujemo komentarjev ter opombo.
- Pri kompleksnih vezjih se za boljšo preglednost določijo področja sheme.



Načrtovanje tiskanine

- Enako pomembno, kot izdelava sheme je naslednji korak izdelava tiskanine.
- Načrtovanje tiskanine zajema postavitev elementov ter povezavo med njimi. Z izdelavo tiskanine določimo končni izgled tesnega vezja.
- Pri izdelavi tiskanine je zelo pomembno, da uporabljamo knjižnice elementov.
- Pri izdelavi tiskanine je potrebno upoštevati naslednja pravila:
 - ❖ Izbira tiskanine (material, debelina).
 - ❖ Število plasti tiskanine.
 - ❖ Razporeditev plasti.
 - ❖ Razporeditev vezij na tiskanini.
 - ❖ Upoštevanje parazitnih vplivov.
 - ❖ Postavitev komponent na tiskanini.



Načrtovanje tiskanine -Bakrene povezave

- Širino bakrene povezave izberemo glede na električne zahteve in prostora na tiskanini.
- Širše in debelejše povezave imajo nižjo upornost in manjšo dolžino, njihova proizvodnja je enostavnejša in cenejša, lažje jih popravljamo in pregledujemo.
- Debelino in dolžino žice določa tudi tok ter frekvenca električnega signala. Za višje tokove je priporočeno, da uporabimo čim debelejše povezave.
- Tanjše povezave imajo višjo upornost, kar povzroča izgube in nepotrebno gretje vodnika.

Preferred Line Width (mil) 1mil=0.0254mm		
Current [A]	1oz Width (μm)	2oz Width (μm)
1	350	175
2	1050	525
3	1750	875
4	2800	1400
5	3850	1925
6	5250	2625
7	6300	3150
8	7700	3850
9	9100	4550
10	10500	5250

$$R = \frac{\rho_{Cu} l}{S}, \quad \rho_{Cu} = 1.724 \times 10^{-6} \Omega cm$$

$$L = \frac{1}{20} \lambda = \frac{1c}{20v},$$

Načrtovanje tiskanine -Bakrene povezave

- Upornost bakrene žice je podana s:

$$R = \frac{\rho_{Cu} l}{S}, \quad \rho_{Cu} = 1.724 \times 10^{-6} \Omega cm,$$

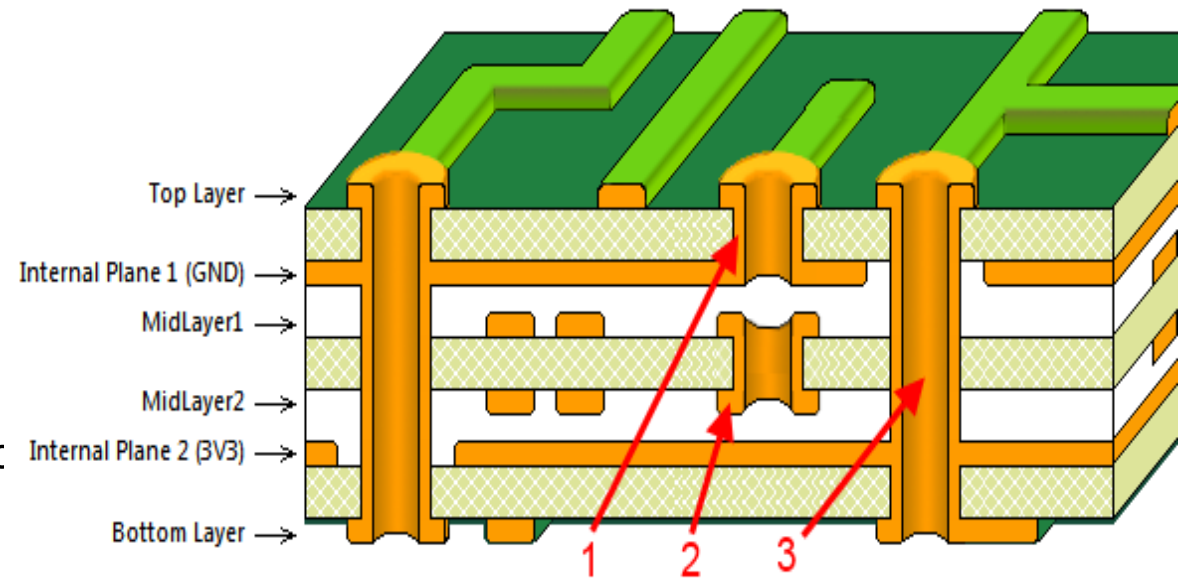
- kjer je R upornost, l dolžina, S presek in ρ_{Cu} specifična upornost bakra. Dolžina povezave je pogojena s predvideno frekvenco signala. Primer dobre prakse podaja približno ocene dolžine povezave glede na frekvenco signala.

$$L = \frac{1}{20} \lambda = \frac{1c}{20v},$$

- Kjer je L -dopustna dolžina povezave, λ - valovna dolžina valovanja, v – frekvenca valovanja, c - svetlobna hitrost. Pri visoko frekvenčnih signalih pogaja ni moč izpolniti zato je potrebno upoštevati čas propagacije signala po dani povezavi, saj ta vnaša časovno zakasnitev.
- Pri paralelnih vodilih je pomembno, da so paralelni vodi čim krajši ter enako dolgi. Večina programskih paketov opravlja korekcijo dolžin kritičnih vodov. Prav tako se pri visoko frekvenčnih povezavah izogibamo skoznjkov, saj ti povzročajo motnje ter izgubo signala.

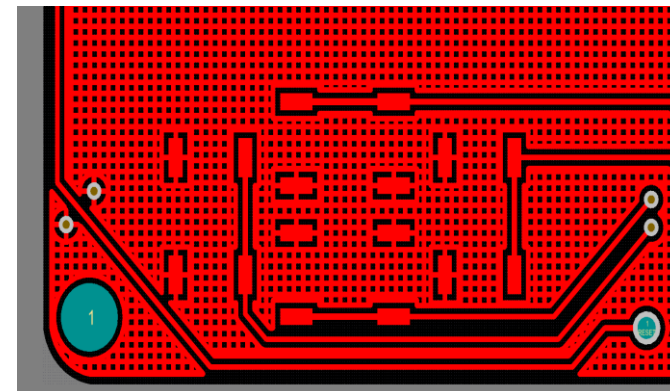
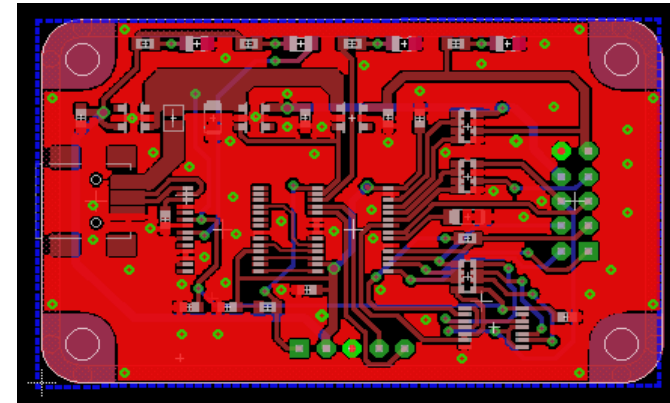
Načrtovanje tiskanine - Skoznjiki

- Skoznjiki so metalizirane bakrene povezave med različnimi plastmi.
- Skoznjike v angleškem izrazoslovju poznamo kot 'VIA'.
- Skoznjiki so zelo podobni priključnim blazinicam, katerih ne smemo zamenjevati. Priključna blazinica je del podnožja komponente, skoznjik pa služi samc premostitvenim povezavam med različnimi plastmi tiskanine.



Načrtovanje tiskanine - Poligoni

- Poligoni se uporabljajo za zapolnjevanje večjih površin s čistim bakrom ali bakreno teksturo.
- Poligoni med sabo povezujejo priključne blazinice in skoznjike. Običajno se uporabljajo za nameščanje ozemljitvenih in napajalnih ploskev. Nameščamo jih na koncu, ko smo že izrisali vse druge bakrene povezave
- Pri umeščanju poligona ter povezav je potrebno biti pozoren na prazen prostor med povezavami ali poligonom. Premajhne razdalje niso zaželeno, saj te lahko povzročajo kratke stike v obliki bakrenih las, ki lahko nastanejo v fazi izdelave tiskanine.



Načrtovanje tiskanine -Poligoni

- Pri dimenzijah je potrebno upoštevati tudi razdalje za galvansko ločitev. Te razdalje določa IPC standard. Razdalje se razlikujejo ali so znotraj ali zunaj tiskanine ter področja, kjer se bo elektronska komponenta uporabljala (vlažna okolja, nadmorska višina itd..).
- Galvanska ločitev je določena s prebojno napetostjo. Prebojna trdnost je lastnost materiala, ki je podana z naslednjim izrazom,

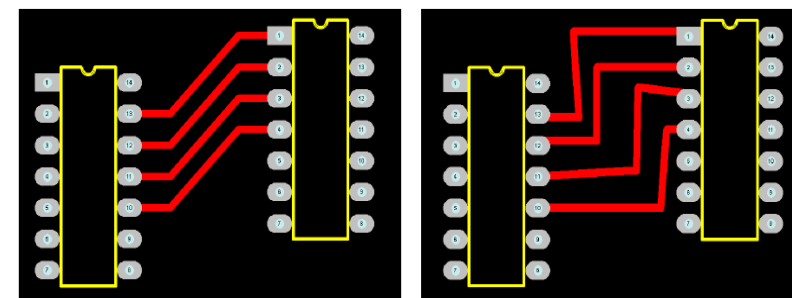
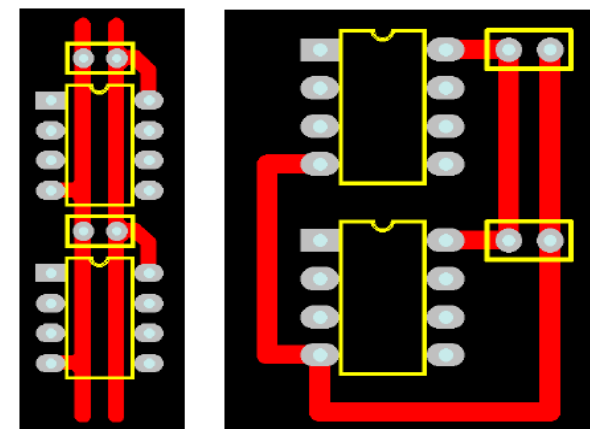
$$E_p = \frac{U_p}{d} \left[\frac{V}{m} \right],$$

Voltage	Internal layers	External conductors uncoated	External conductors coated
[V]	[mm]	[mm]	[mm]
15	0.05	0.1	0.05
20	0.05	0.1	0.05
50	0.1	0.6	0.13
100	0.1	0.6	0.13
150	0.2	0.6	0.4
170	0.2	1.25	0.4
250	0.2	1.25	0.4
300	0.2	1.25	0.4
500	0.25	2.5	0.8
1000	1.5	5	2.33
4000	9	20	11.48
5000	11.5	25	11.53

Isolant (20°C)	$E_p \left[\frac{V}{m} \right] \times 10^6$
Air	3
Paper	10
Pubber	10
Transformer oil	15
Porcelain	20
Polyvinyl Chloride-PVC	50
Polystyrol	80

Osnovna pravila povezovanja komponent tiskanine

- Povezovanje komponent je nameščanje bakrenih povezav na tiskanino med priključki komponent.
- Električne povezave med dvema ali več priključnimi blazinicami imenujemo električna signalna mreža.
- Strmimo k tem krajšim električnim signalnim mrežam, daljše povezave prinesejo večje parazitne vplive. Povezave naj se lomijo s koti 45° ali uporabljamo zaokrožene povezave.
- Napajalne in ozemljitvene povezave naj bodo čim širše, zaradi višje tokovne obremenitve. Napajalno in ozemljitveno povezavo speljemo čim bližje skupaj, kar lahko učinkovito blokiramo s kapacitivnimi elementi.
- Na tiskanini ne sme biti nepovezanih bakrenih otokov.



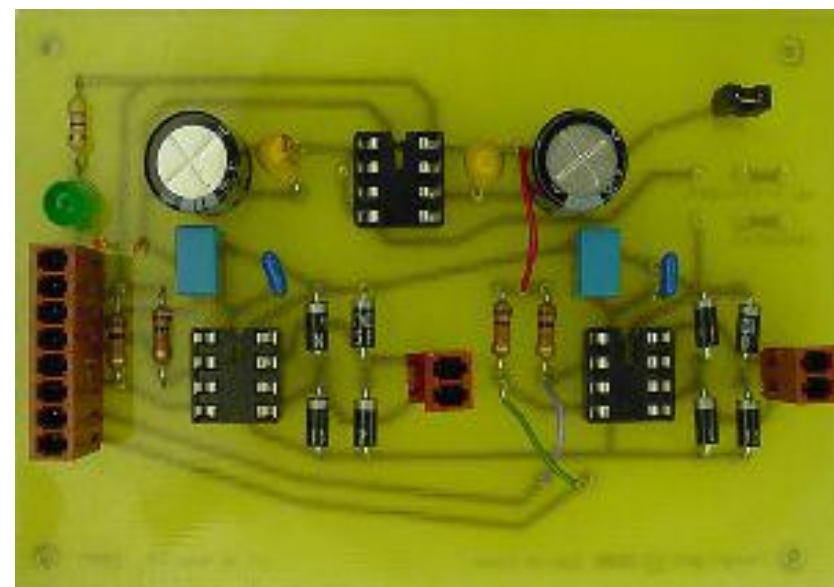
Izbira tiskanine

- Pri izbiri materiala za tiskanine imamo različne možnosti, saj le te ločijo po različnih karakteristikah kot so; požarna varnost, temperaturna stabilnost, absorpcija vlage. Te karakteristike so določene z mednarodnim združenjem NEMA –'National Electrical Manufacturers Association'. .

Material	Comment
FR-1	<i>Bakelite: at room temperature poor moisture resistance.</i>
FR-2	<i>Bakelite: suitable for single-layered PCBs, good moisture resistance.</i>
FR-3	<i>Epoxy resins: a balanced material with good mechanical and electrical properties.</i>
FR-4	<i>Glass fibers: excellent mechanical and electrical properties.</i>
FR-5	<i>Glass fibers: high strength at high temperatures, self-extinguishing.</i>
G10	<i>Woven glass and epoxy: high insulation resistance, maximum mechanical strength, high moisture resistance.</i>
G11	<i>Woven glass and epoxy: resistant to bending at high temperatures, extreme solvent resistance.</i>
CEM-1	<i>Cotton paper and epoxy.</i>
CEM-2	<i>Cotton paper and epoxy.</i>
CEM-3	<i>Non-woven and epoxy.</i>
CEM-4	<i>Woven glass and epoxy.</i>
CEM-5	<i>Woven glass and polyester.</i>
PTFE	<i>Pure - expensive, low dielectric loss, for high frequency applications, very low moisture absorption (0.01%), mechanically soft. Difficult to laminate, rarely used in multilayer applications.</i>
RF-35	<i>Fiberglass-reinforced ceramics-filled PTFE. Relatively less expensive, good mechanical properties, good high-frequency properties.</i>
Alumina	<i>Ceramic: Hard, brittle, very expensive, very high performance, good thermal conductivity.</i>
Polyimide	<i>A high-temperature polymer: Expensive, high-performance, higher water absorption (0.4%). Can be used from cryogenic temperatures to over 260 °C.</i>

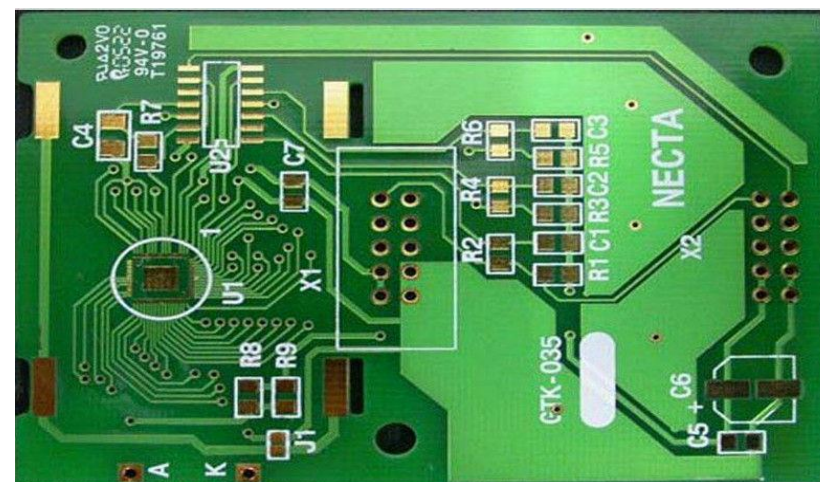
Izbira tiskanine

- Pri snovanju tiskanine izbiramo tudi števila plasti v tiskanini. Večje število plasti v tiskanini ponavadi viša proizvodnjo tiskanine, toda omogoča izvedbo manjših in odpornejših tiskanin.
- **Enostranska tiskanina:** Primerna za enostavna nizkofrekvenčna vezja. Uporaba cenejših materialov FR-2. Vezje je izdelano z mnogo mostiči. Takšna vezja imajo slabo odpornost na elektro-magnetne motnje. Načrtovanje kompleksnejših vezij na enoslojno PCB zahteva mnogo več truda in inovativnosti. Ponavadi se uporabljajo za pilotske naprave in zgodnja testiranja komponent.



Izbira tiskanine

- **Dvostranska tiskanina:** Pogosto se uporablja material FR-4, slika 10. Vezje je enostavnejše za povezovanje. Če je le možno, se spodnja ploskev nameni ozemljitvi, ostale povezave ostanejo na zgornji strani. Prednosti ozemljitvene ravnine so; Poveča mehansko stabilnost tiskanine, zmanjšuje impedanco vseh ozemljitvenih povezav (zmanjšuje šum). Doda porazdeljeno kapacitivnost do vsake povezave na zgornji plasti, kar pomaga preprečevati elektro-magnetne motnje. Ta deluje, kot ščit pred elektro-magnetnim šumom, katerega vir je lahko okolica tiskanine.



Izbira tiskanine

- **Večstranske tiskanine:** Lahko se uporablja od 4,6,8,10... 38 plasti. Primernejše za občutljive visokofrekvenčne naprave. Običajna debelina 2-slojne tiskanine je 1.5 mm, kar je preveč. Pri manjši razdalji med zgornjo in spodnjo plastjo dosežemo boljšo porazdeljeno kapacitivnost. Lažje povezovanje napajalnih in ozemljitvenih povezav (napajalne plasti in ozemljitvene plasti). Povezovanje je enostavno izvedeno preko skožnjikov. Ostale signalne linije imajo veliko prostora na vseh ostalih plasteh, kar močno poenostavi povezovanje. Večja porazdeljena kapacitivnost med močnostnimi in ozemljitvenimi plastmi, kar zmanjšuje visoko frekvenčni šum. Boljše blokiranje EMI/RFI. Izdelava večplastnih je bistveno držaj, kot manj plastnih ali eno plastnih vezij.

