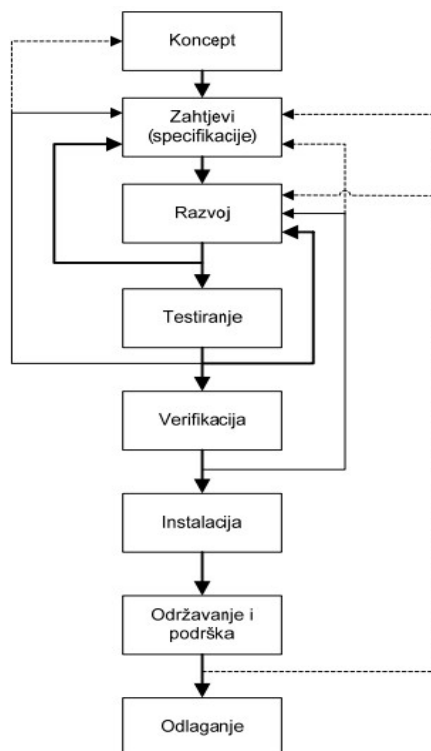


1) Životni ciklus elektroničkog uređaja?

Životni ciklus elektroničkog uređaja:

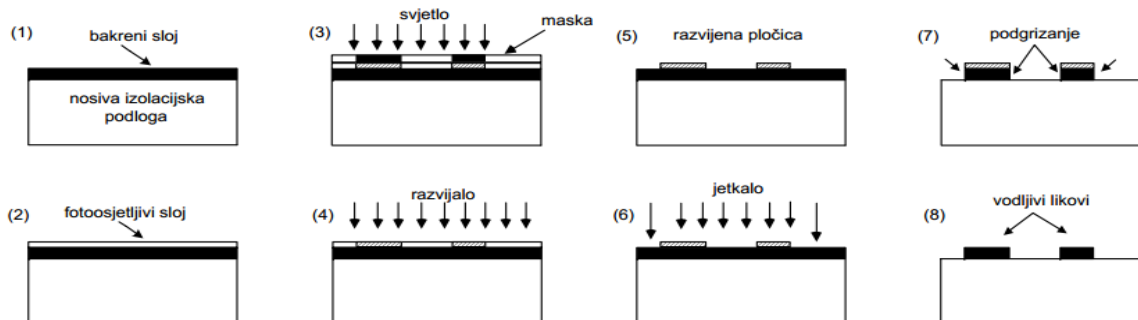
1. Razvoj
2. Verifikacija
3. Eksploatacija (instalacija i održavanje)
4. Odlaganje



2) Fotopostupak i sitotisak?

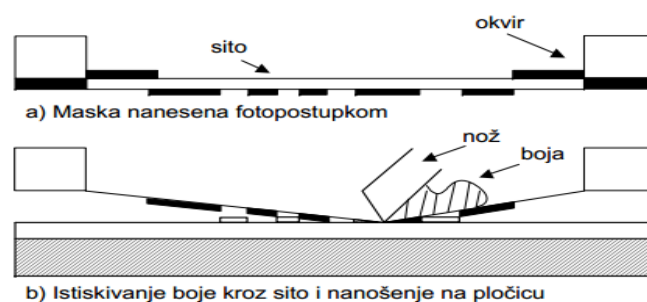
Fotopostupak - Postupak započinje nanošenjem krutog (folija) ili tekućeg fotoosjetljivog filma na čistu bakrenu foliju pločice uz prigušeno svjetlo. Kruti film se postavlja laminiranjem pri temperaturi od 120°C uz pritisak 2 do 3 bara, uređajem koji se zove laminator. Tekući film nanosi se pomoću spreja nakon čega je potrebno njegovo sušenje u potpunom mraku. Postupak sušenja će se skratiti ako se izvodi u pećnici na toplom zraku maksimalne temperature 70°C. Na foto-oslojenu pločicu pozicionira se pozitiv predložak (film ili folija) i zatim se vrši osvjetljavanje pločice UV svjetlom nekoliko sekundi. Kroz prozirne dijelove predloška UV svjetlo prodire na fotoosjetljivi film, a ispod crnih mjesta predloška fotoosjetljivi film ostaje neosvjetljen. Osvjetljena pločica stavlja se u razvijач za što se koristi 1%-tna otopina natrij karbonata (Na_2CO_3) ili otopina natrijeve lužine koja se dobiva tako da se 7 grama natrij hidroksida (NaOH) otopi u 1 litri hladne vode. Trajanje razvijanja kod svježeg razvijачa iznosi 0.5 do 1 minute ili maksimalno 2 min za deblje slojeve fotoosjetljivog filma. Nakon razvijanja pločica se ispere u vodi pri čemu će sloj filma ostati na dijelovima koji su prilikom osvjetljavanja bili zaštićeni crnim površinama predloška.

Fotopostupak predstavlja najprecizniji način izrade zaštitne maske kod nagrizanja tiskane pločice, a osim za izradu maski za nagrizanje koristi se izradu maski za metalizaciju i lemnu otpornih, elektro izolacijskih maski.

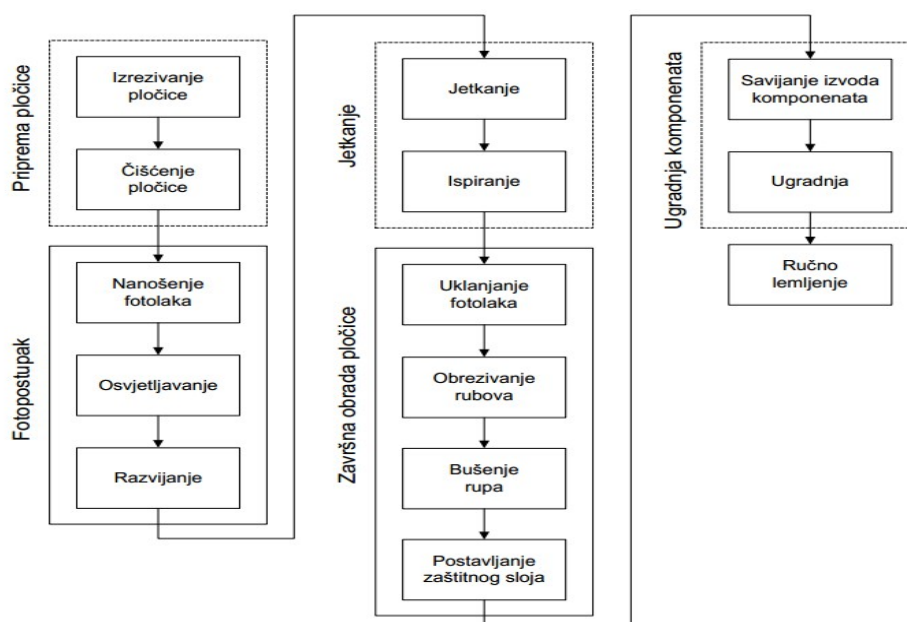


Sitotisak - Sitotisak je općenito jedan od najstarijih tiskarskih postupaka kojim se u tehnologiji izrade tiskanih pločica mogu izrađivati maske za nagrizanje bakrene folije, maske za metalizaciju, signature i lemnno otporne, elektro izolacijske maske. Sito se izrađuje kao pravokutni okvir (najbolje od aluminija jer su drveni i plastični podložni izvijanju, a čelični koroziji) na koji je napeta i zalijepljena svila od poliesterskog vlakna, sa mogućnošću podizanja i fiksnog pozicioniranja nad podlogom. Za postupak sitotiska prvo se na očišćenu i odmašćenu svilu nanosi foto-aktivna emulzija ili foto-aktivni film koji se onda suše toplim zrakom. Zatim se na sito postavlja pozitiv predložak tiskanih vodova (folija ili film) i osvjetljava UV (ultra ljubičastim) svjetlom. Nakon osvjetljavanja slijedi ispiranje sita u toploj vodi (20°C) pri čemu će se isprati neosvjetljeni (zaštićeni) dijelovi, a osvjetljeni dijelovi na svili su se polimerizirali i zbog toga su u vodi netopljivi. Tako smo dobili šablonu koju je potrebno još osušiti toplim zrakom. Na tako pripremljeno sito, sa gornje strane svile nanosi se boja i sito se pozicionira paralelno iznad podloge sa očišćenom pločicom, ali na određenoj udaljenosti bez kontakta sa pločicom. Zatim se protiskivačem (rastirač, rakel, rakel, tvrda guma oštih bridova) protiskuje boja kroz sito na pločicu. Boja prolazi kroz mjesta na situ koja su prilikom osvjetljavanja bila zaštićena i nakon toga isprana u vodi. Maska dobivena na pločici suši se toplim zrakom (80°C) ili infracrvenim grijačem. Ako se sitoskom izrađuje lemnno orporna, elektro izolacijska maska potrebno je provesti sušenje (pečenje) na temperaturi 140°C u trajanju od 1 sat.

Dobra strana sitotiska je što jednom pripremljena šablona na situ može poslužiti za velike serije otisaka (> 100), a loša strana je nedovoljna preciznost kod pločica viših klasa gdje male metričke pogreške uslijed istežanja svile protiskivačem više dolaze do izražaja.



3) Dijagram toka tehnološkog procesa izrade jednostrane tiskane pločice u laboratoriju?



4) Savitljive tiskane pločice: prednosti, nedostaci? Posebni zahtjevi za korištenje.

Ostvarenje sklopova visoke složenosti u malenome volumenu na savitljivoj podlozi (uz mogućnost savijanja pločice i prilagodbe kućištu). Mobiteli, kamere, kalkulatori, hard diskovi...

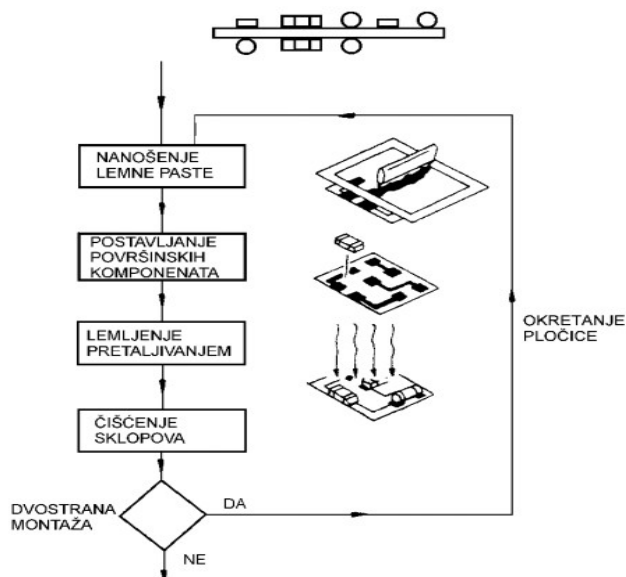
Pro: fleksibilnost, mogućnost prilagodbe kućištu zbog savijanja, manja masa i dimenzije, visoka gustoća spojeva između komponenti, bolja električka svojstva spojeva, jeftinije i pouzdanije povezivanje električnih pločica

Con: cijena, postupak projektiranja i izrade, teško i skupo rukovanje i servisiranje, mehanička osjetljivost, nestabilnost dimenzija

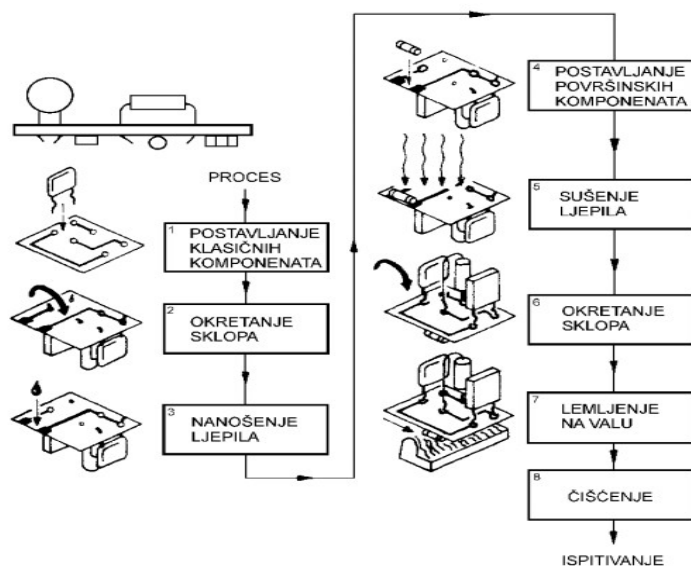
Odabiru se samo kad postoji cijenovno opravdanje ili nije moguće izvesti rješenje sa krutim pločicama.

5) Dijagram toka izrade jednostrane-dvostrane SMD/mješovite tiskane pločice?

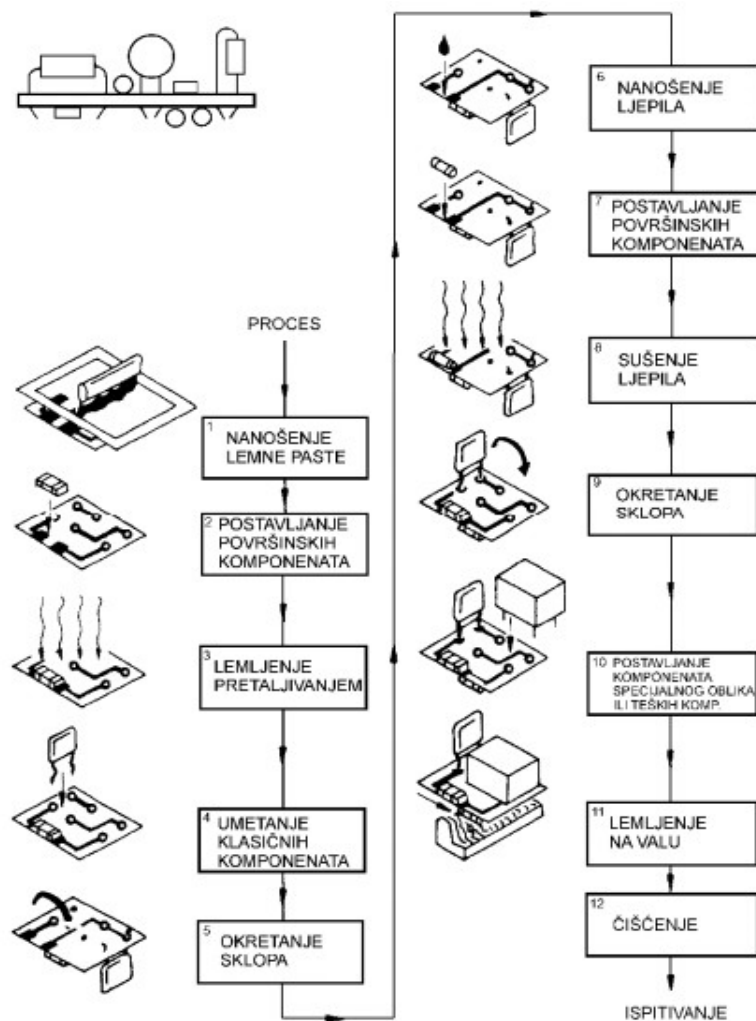
TIP 1



TIP 2

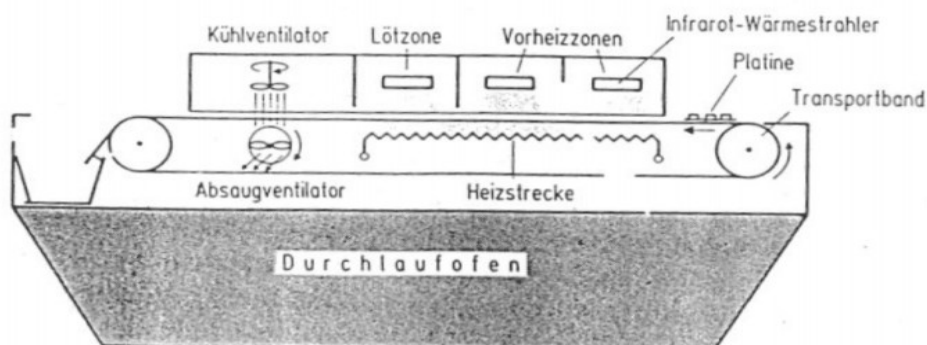


TIP 3

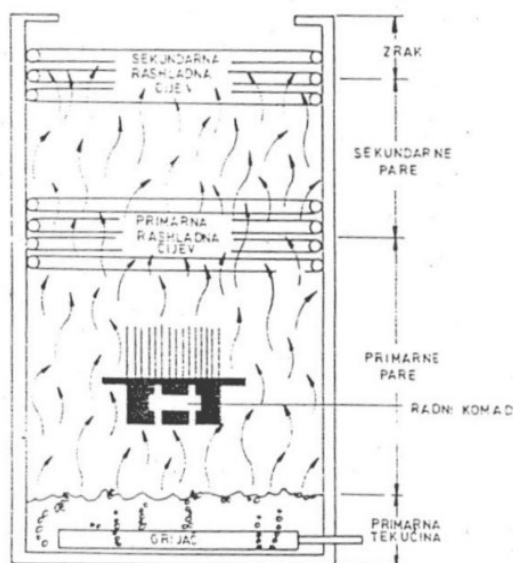


6) Lamljenje pretaljivanjem u infracrvenoj peći i u plinovitoj fazi?

Lamljenje pretaljivanjem – pod utjecajem visoke temperature tali se lerna pasta. Koriste se tunelske peći sa nekoliko nezavisnih infracrvenih izvora i pokretnom trakom. Obavezna paste maska. Potrebno ostvariti temperaturni profil u skladu sa proizvođačem.



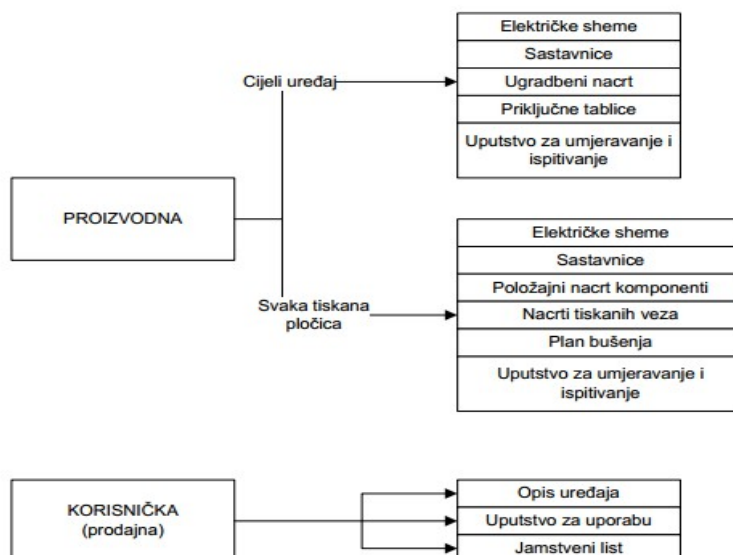
Lemljenje u plinovitoj fazi – pločica se postavlja u paru inertnog fluorouglijika. Postoje primarne i sekundarne pare. Sloj sekundarnih para sprječava gubljenje primarnih (visoka cijena) u atmosferu. Sekundarne pare imaju nižu temperaturu vrelišta.



IC pretalijvanje	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)

7) Tehnička dokumentacija?

Temelj razvoja, proizvodnje, prodaje, primjene i održavanja uređaja. Može se podijeliti na proizvodnu, korisničku i servisnu.



Proizvodna – omogućuje proizvodnju i daljni razvoj el. Uređaja. Ne postoje pravila ili zakoni za njenu izradu. Obično sadrži sheme, sastavnice, nacрте, priključe tablice, upustva za ispitivanje i mjerenje. Za svaku tiskanu pločicu mora imati shemu, plan bušenja, plan komponenti, nacrt tiskanih veza, sastavnicu, upustvo za ispitivanje i umjeravanje.

Korisnička – opisuje uređaj i način njegove primjene. Prilagođena korisnicima bez stručnog znanja (osim u posebnim slučajevima). Sastoji se od opisa uređaja, upustva za upotrebu i jamstvenog lista. Kod opisa uređaja imamo zaamčene i informativne tehničke podatke.

Zajamčeni tehnički podaci – brojevno iskazane obavezujuće mehaničke, toplinske i električke značajke uređaja. Mjerna nesigurnost, ulazni otpor, opis izvora napajanja, svi ulazi i izlazi dostupni korisniku, temperaturno područje rada, stupanj zaštite kućišta od čestica i tekućina...

Informativni – masa, dimenzije, izgled, ergonomičnost...

Dijelovi korisničke dokumentacije smatraju se pravnom obvezom.

Servisna dokumentacija – koristi se za održavanje, nadogradnju i popravak uređaja. Ne postoje pravila za izradu. Obično se stavlja popis najčešćih problema i kvarova.

8) ERC i spojne liste?

ERC (Electrical rule check) – automatska provjera ispravnosti električnog dizajna
Netlist – spojna lista predstavlja tekstualni opis električne sheme (u ASCII formatu) koji sadrži sve bitne informacije u električnoj shemi, u obliku razumljivom modulu za projektiranje tiskanih veza.

```
(  
NetC1_1  
C1-1  
D1-2  
)
```

9) Blokadni kondenzatori?

Kod analognih sklopova spajaju im se u paralelu da bi izgladili napon napajanja čiji šiljci mogu uzrokovati probleme pri radu sklopa.

Kod digitalnih sklopova kada dolazi do promjena stanja na ulazima/izlazima pojavljuju se strujni šiljci. Kondenzatori se stavljaju zato da bi uskladištili naboj te kod pojave tih šiljaka ih izgladili.

Na svaki IC se stavlja jedan keramički kondenzator od 100nF, dok na svakih 5 se stavlja jedan elektrolitski od 10uF.

10) Neiskorišteni pinovi?

Ulazni – spojiti na neki potencijal (GND, VCC) ili korištenjem otpornika ih zaključati na potencijal
Izlazni – ostaju nespojeni

Nezaključani pinovi ponašaju se kao antene za smetnje iz okoline.

11) RoHS (Pb-free) tehnologija?

Restriction of Hazardous Substances Directive (RoHS) – EU zakonske smjernice vezane za uporabu i deponiranje otrovnih materijala u industriji (olovo, živa, kadmij itd.). Zabrana upotrebe Sn/Pb lemne slitine u elektroničkoj industriji i olova u elektroničkim komponentama (osim za određene klase uređaja, npr. Biomedicinske).

Olovna tehnologija se koristi već cijelo stoljeće te su joj poznati dugoročni efekti. Ima otpornost na oksidaciju, lemljivost i pouzdanost. Bezolovne su dvo ili više komponentne slitine gdje je optimiran samo neki od ciljnih parametara (eutektička formulacija, razmjerno niska temperatura tališta, dobra lemljivost, kemijska inertnost, mehanička svojstva, netoksičnost, proizvodna cijena itd.). Nekompatibilne sa postojećom lemnom opremom. Skupi. Problem zbog patenata. Loša lemljivost.

Još uvijek ne postoji opće prihvaćena zamjena olovnom procesu.

12) Načini lemljenja?

Lemljenje na leмноj kupki provlačenjem pločice.

Lemljenje na valu.

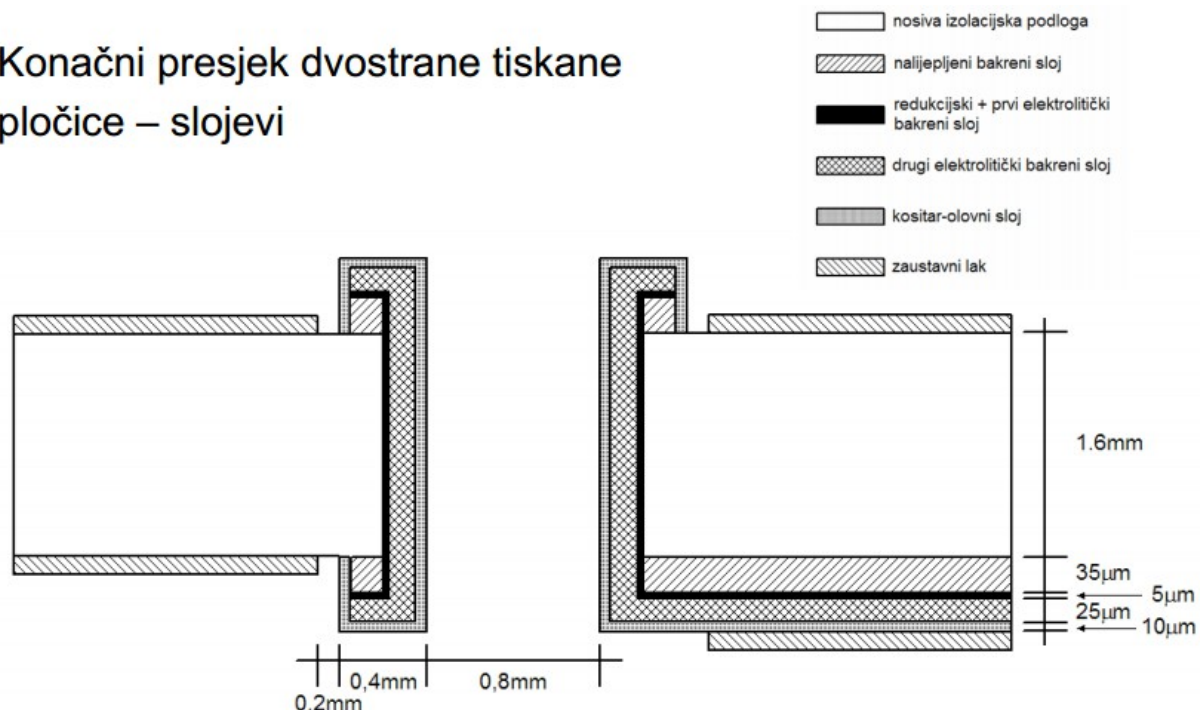
Lemljenje na dvostrukom lemnom valu.

Lemljenje pretaljivanjem u IC peći.

Lemljenje u plinovitoj fazi.

13) Presjek dvostrane pločice?

Konačni presjek dvostrane tiskane pločice – slojevi



18) Rapid prototyping vs field testing?

Prototip djelomično implementira najvažnije funkcije gotovog proizvoda. Preispitivanje i nadopunavanje specifikacija. Služi za daljno usmjeravanje razvoja uređaja.

Field Testing - U kasnijim fazama razvoja ispituje dali uređaj pruža potrebnu funkcionalnost u planiranim radnim uvjetima.

19) Primjeri validacije?

Validacija - formalno utvrđivanje dali uređaj zadovoljava predviđenu namjenu
Verifikacija – u kojoj mjeri rješenje zadovoljava specifikacije

20) Testiranje el. uređaja?

Validacija i verifikacija. Cijena promjene dizajna manja što se prije problem uoči. Kontrola kvalitete. Provjera sukladnosti normama (termička naprezanja, EMC, temperatura, vlaga, mehanička naprezanja).

21) Čemu služe: Top, Bottom, Mechanical, KeepOut, Multi layer?

Top layer – signalni vodovi na komponentnoj strani pločice

Bottom layer – signalni vodovi na leđnoj strani pločice

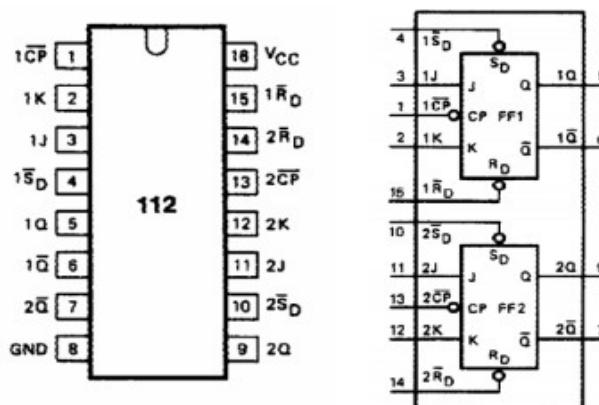
Mechanical layer – slojevi za definiranje mehaničkih informacija

KeepOut layer – sloj u kojem se definiraju granice unutar kojih se smiju postavljati objekti za povezivanje komponenti

Multi layer – sloj koji prikazuje područja u na kojima se bakar ne jetka u svim vodljivim slojevima

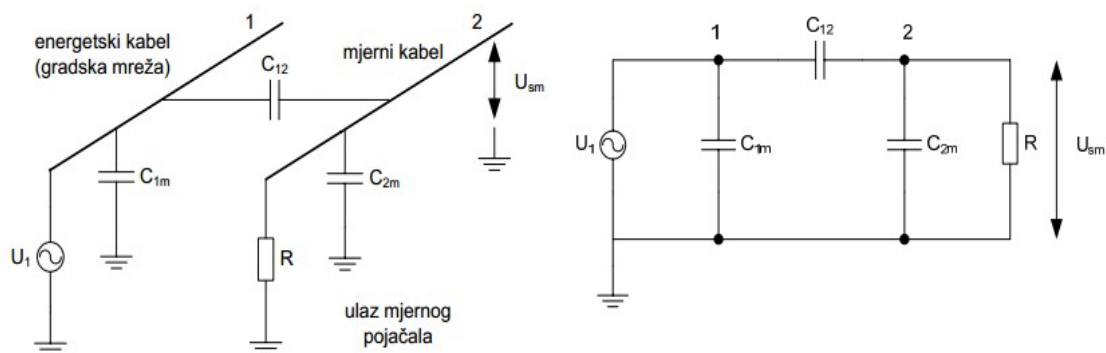
22) Multipart komponente?

Dvije ili više samostalnih komponenata smještenih u istome kućištu.

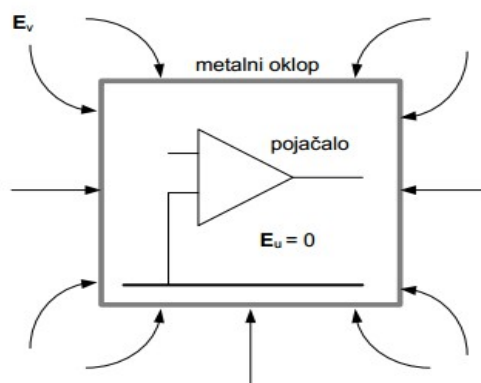
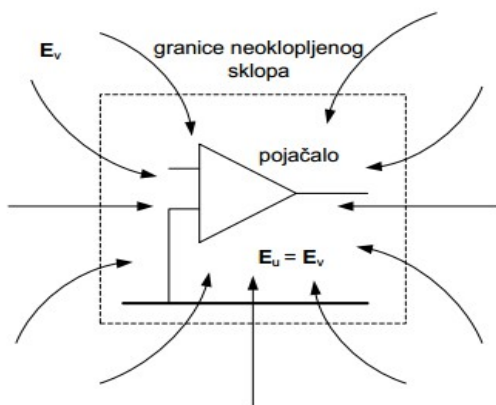
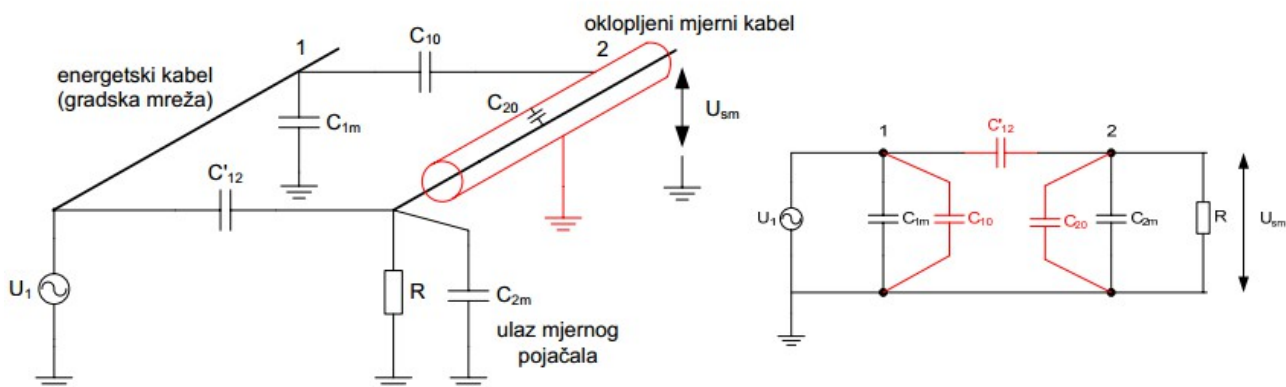


23) Objasni mehanizam djelovanja smetnji uslijed električnog polja na neoklopljeni mjerni kabel. Obrazloži na koji način se eliminiraju smetnje uslijed električnog polja oklapanjem kabela! Skicirajte nadomjesne sheme za oba slučaja!

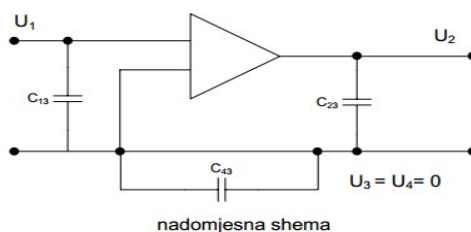
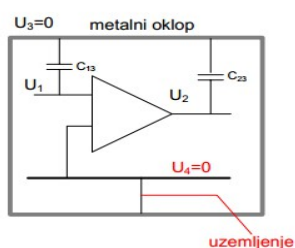
Kroz osjetljive analogne vodove u uređaju teku kapacitivne struje smetnji uzrokovane vanjskim električnim poljem (obično gradska mreža)!



Oklapanje: sve silnice vanjskog električnog polja završavaju na metalnom kućištu (naboj može postojati samo na vanjskoj površini metala, a unutar Faradeyevog kaveza električno polje je jednako nuli).



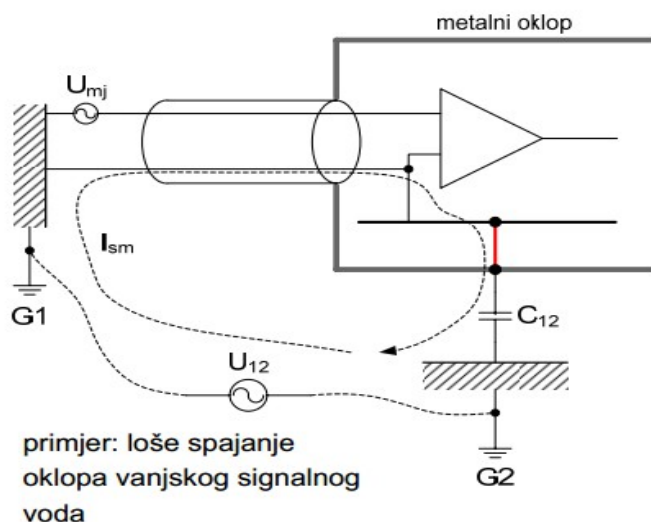
- uređaj nije dovoljno oklopiti (metalnim kućištem), već ga je poželjno i **uzemljiti!**
- **spojiti zajedničku točku sklopa s metalnim kućištem:**



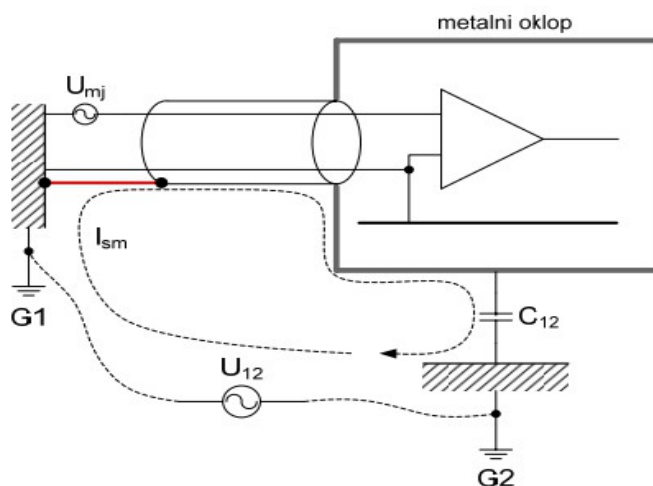
- eliminiraju se parazitne kapacitivne povratne veze

24) Ukoliko se za mjerenje naponskog signala koristi oklopljeni mjerni kabel, objasnite mehanizam na koji način smetnje mogu ući u mjerni lanac (nacrtajte nadomjesne sheme) za sljedeće slučajeve: a) oklop uzemljen na oba kraja b) potencijal oklopa različit od potencijala uzemljenja

Između potencijala zemlje G1 i G2 u općem slučaju postoji razlika potencijala U_{12} , koja uzrokuje struju smetnje I_{sm} . Ako se u ovom slučaju oklop uzemlji na kućište uređaja, struja smetnje će se zatvoriti kroz signalni vod! Ista situacija bit će i ako uređaj nije plivajući, tj. ako je umjesto preko rasipnog kapaciteta C_{12} izravno uzemljen na G2.



Ako je oklop uzemljen na mjestu gdje i izvor asimetričnog mjernog signala, kapacitivna struja smetnje zatvarat će se kroz oklop, umjesto kroz signalni vod.

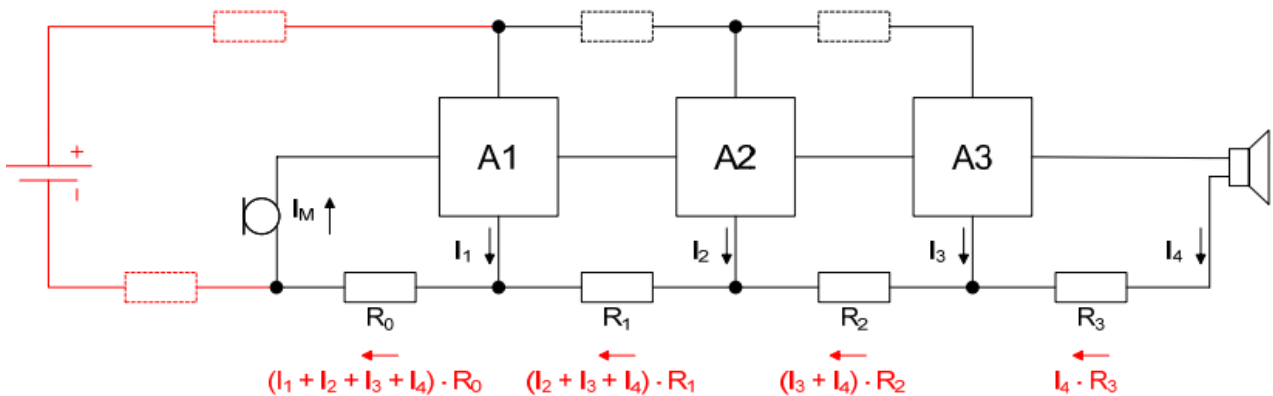


Oklop preporučljivo uzemljiti samo na jednoj strani (da ne teče struja kroz oklop), najbolje na strani mjerenog signala. Potencijal uzemljenja i oklopa treba biti isti.

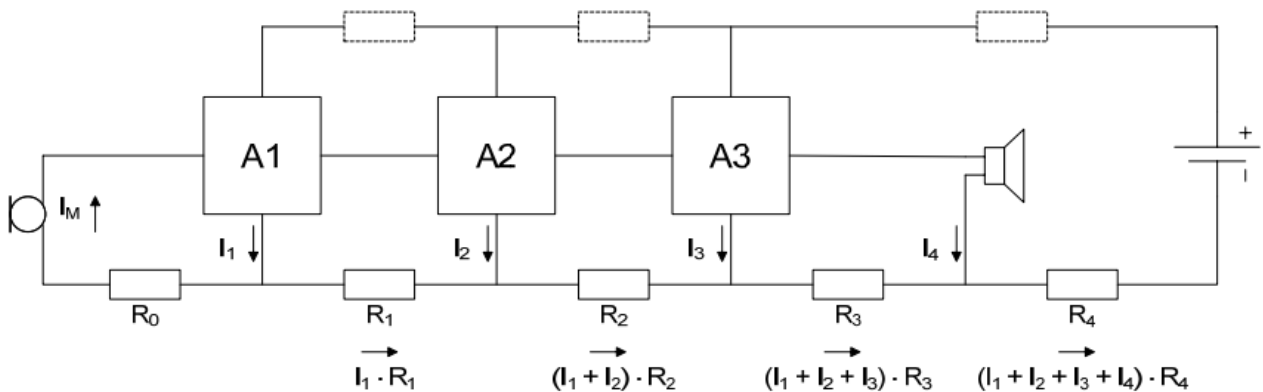
25) Skicirajte i ukratko opišite tri osnovna načina razvođenja mase na tiskanoj pločici. Koje su prednosti i nedostaci svakog od njih?

- **Serijsko** spajanje na masu - serijski spoj je najjednostavniji, ali i najlošiji način spajanja mase! Smetnje kod zajedničke impedancije.

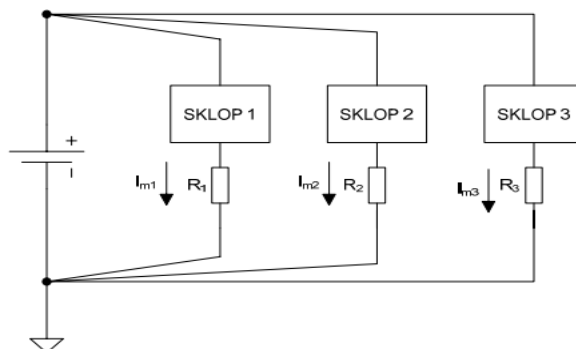
- primjer: audio pojačalo (**neispravno** razvođenje napajanja i mase)



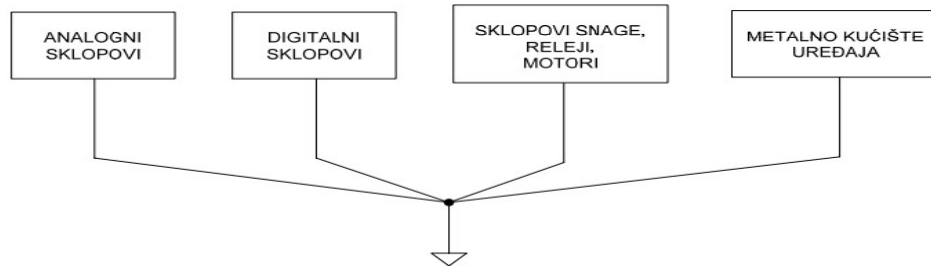
Ispravno



- **Paralelno** spajanje na masu - bolje od serijskog načina spajanja, ali nepraktično za veće sklopove.
- Potencijal svakog sklopa određen vlastitom strujom i impedancijom. za frekvencije > 10 MHz impedancija vodova postaje prevelika, pa se ovako spajanje na masu preporučuje za sklopove do 1 MHz

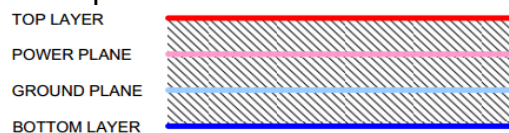


- **Kombinirano** spajanje na masu (serijsko-paralelno) – kompromis između zahtjeva za smanjenjem smetnji uslijed zajedničke impedancije i zahtjeva za jednostavnom izvedbom
- sklopove potrebno svrstati u grupe koje imaju isti vodič mase, prema funkcijama:

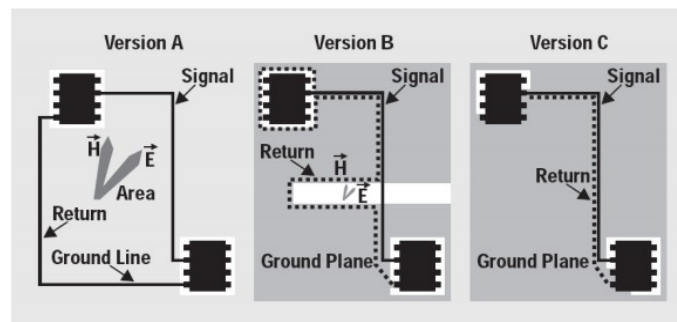


26) Objasnite zbog čega je važno imati homogeni groundplane kao zaseban vodljivi sloj (kod višeslojnih tiskanih pločica), radi smanjenja nastanka smetnji u RF području! Objasnite na koji način dolazi do generiranja EM smetnji ako groundplane nije u potpunosti ispunjen bakrom.

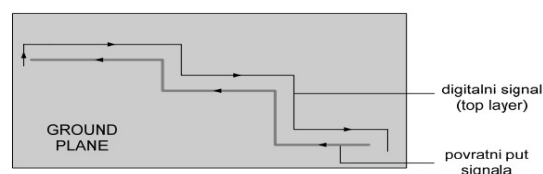
Ground plane – cijeli sloj tiskane pločice koristi se kao GND



- homogeni *image plane* \Rightarrow min. površina povratne strujne petlje \Rightarrow min. emisija smetnji (idealno poništavanje EM polja)
- ako *image plane* nije kontinuiran (npr. signalni vodovi u *planeu*), nastaje “zaobilazna” povratna petlje veće površine \Rightarrow veća emisija RF smetnji



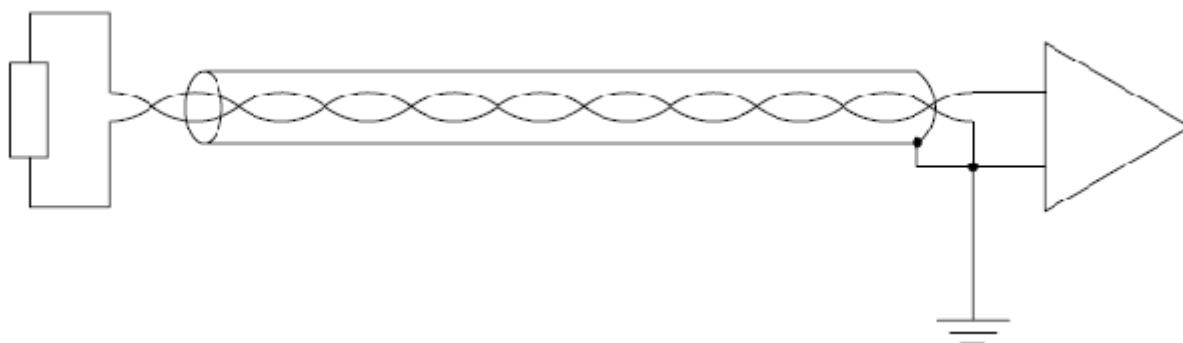
- digitalne sklopove potrebno je (s gledišta generiranja EM smetnji) tretirati kao brze analogne (RF) sklopove (zbog viših harmonika pravokutnog valnog oblika)
- *image plane* – ispunjeni vodljivi sloj koji predstavlja povratni put za RF struju (idealno – neprekinuti *ground plane*)
- povratni put RF struje je *zrcalna slika signala* (kapacitivnoinduktivna sprega s najbližom vodljivom masom)



27) Usporedite mogućnosti učinkovitog oklapanja uređaja radi smanjenja smetnji nastalih uslijed istodobnog djelovanja električnog polja i EM polja. Opišite probleme koji se javljaju kod magnetskog oklapanja!

- elektrostatsko oklapanje – jednostavno, jer se naboj ne može nalaziti u unutrašnjosti vodiča (Faradayev kavez)
- magnetsko oklapanje – problem, jer magnetsko polje dobro prodire u vodljivi materijal!
- na niskim frekvencijama magnetsko oklapanje može se učinkovito postići oklapanjem uređaja mu-metalom ($\mu_r \sim 10^4 - 10^5$)
- problem: oklapanje mu-metalom učinkovito samo za slabija polja, jer ulaskom u zasićenje mu-metal više nije učinkovit!
- na višim frekvencijama bolji su drugi materijali (čelik, bakar, aluminij), dok je mu-metal neučinkovit
- kvalitetno magnetsko oklapanje puno je teže postići od elektrostatskog

28) Nacrtajte način spajanja plivajućeg izvora mjernog signala kojim se postiže najbolja zaštita od smetnji električnog polja i EM polja. Objasnite zašto je upravo takav način spajanja najbolji!



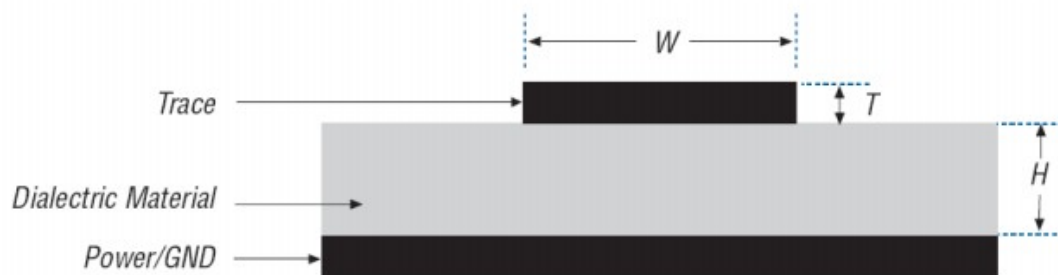
- elektrostatsko oklapanje ne pomaže kod magnetskih smetnji!
- ako se oklop spoji tako da predstavlja povratni put signala, onda se smanjuje površina petlje prijemnika smetnje (smetnje uslijed magnetskog polja smanjuju se posredno)
- upredena parica (*twisted pair*) učinkovito smanjuje smetnje uslijed magnetskog polja kod prijenosa signala
- zbog antiparalelne orijentacije vektora normale površina kod upredene parice, parcijalni inducirani naponi smetnje uzduž kabela se oduzimaju
- ako je izvor signala plivajući, oklop treba uzemljiti na strani uređaja

29) Pri kojim uvjetima se mogu dogoditi refleksije na signalnim linijama? Koje se tehnike koriste za realizaciju vodova s kontroliranom impedancijom (prijenosnih linija, transmission lines) na tiskanoj pločici? Skicirajte poprečni presjek pločice za svaku od navedenih tehnika!

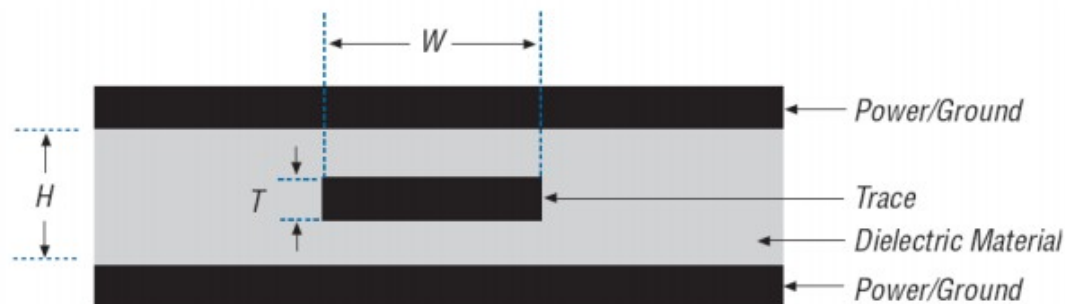
- na visokim frekvencijama tiskane vodove je potrebno razmatrati kao *električne prijenosne linije (transmission lines)*
- linijski efekti – refleksija signala!
- radi kontroliranja svojstava signala potrebno je: – realizirati tiskane vodove s kontroliranom karakterističnom impedancijom Z_0 (*impedance controlled routing*)
– voditi računa o zaključenju linija karakterističnom impedancijom (*impedance matching*)

- ostali utjecaji na integritet signala: preslušavanje (*crosstalk*), *ground bounce*

- kontroliranje impedancije vodova – *microstrip*:

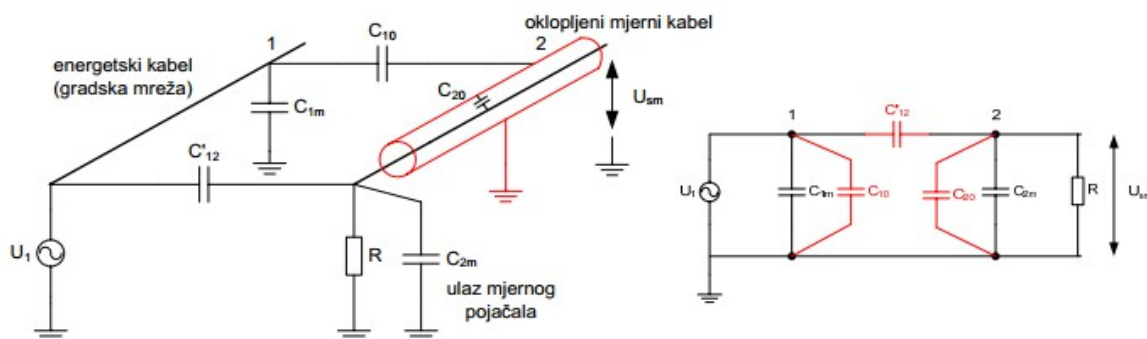


- kontroliranje impedancije vodova – *stripline*:



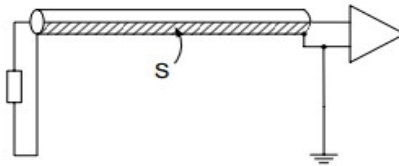
30) Nacrtati i usporediti oklanje protiv električne i magnetske smetnje?

- smanjenje utjecaja smetnji uslijed električnog polja – **oklanje** mjernog kabela:

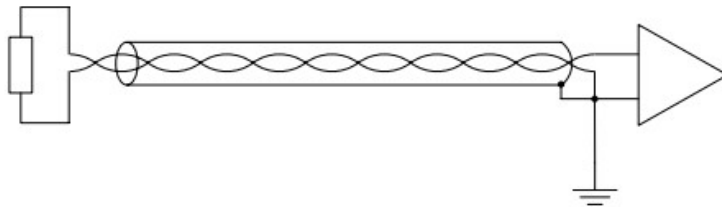


- na niskim frekvencijama utjecaj smetnji električnog polja može se razmatrati odvojeno od magnetskih smetnji

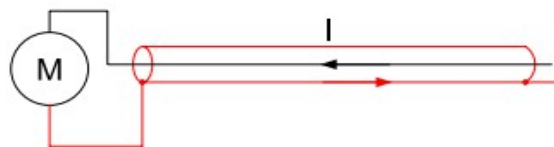
- elektrostatsko oklapanje **ne pomaže** kod magnetskih smetnji!
- ako se oklop spoji tako da predstavlja povratni put signala, onda se smanjuje površina petlje prijemnika smetnje (smetnje uslijed magnetskog polja smanjuju se **posredno**)



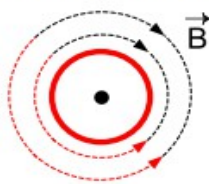
- oklopljena upredena parica (*shielded twisted pair*) očinkovito smanjuje smetnje i uslijed električnog i uslijed magnetskog polja:



- smanjenje emisije (izvora) smetnje – korištenje koaksijalnog oklopa koaksijalnog kabela kao povratnog voda struje elektromotora:



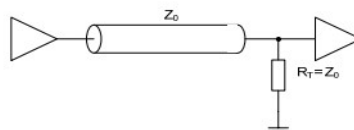
- takvom geometrijom vođenja struje magnetsko polje koje može uzrokovati smetnju približno se poništava na većim udaljenostima



presjek koaksijalnog kabela i silnice magnetskog polja uzrokovanog dolaznom i povratnom strujom elektromotora

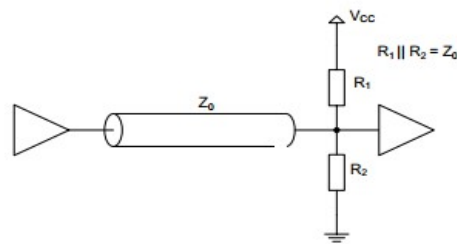
31) Nacrtati i usporediti načine zaključenja linije?

- paralelno zaključenje (*parallel termination*):

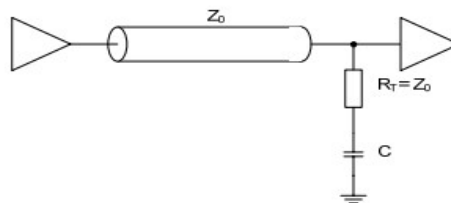


- zaključenje električne linije otpornikom iznosa jednakim karakterističnoj impedanciji linije Z_0 (što bliže ulaznom pinu prijemnika!)
- nedostatak: visoka potrošnja i mogućnost značajnog pomaka vrijednosti logičkih naponskih razina na prijemniku
- neprikladno za sustave s niskom potrošnjom (npr. za $U_{CC}=5V$ i $R_T=50\ \Omega$ zaključenje troši 100 mA!)

- paralelno zaključenje prema Theveninu (*Thevenin parallel termination*):



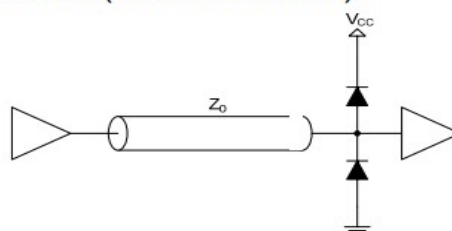
- prednost: bolje balansiranje pomaka logičkih naponskih razina na prijemniku od slučaja paralelnog zaključenja
- nedostatak: razmjerno visoka potrošnja
- serijsko-RC paralelno zaključenje (*series-RC parallel termination*):



- prednost: nema disipacije na R_T u stacionarnom stanju
- nedostatak: preveliki C može previše usporiti signal, a premaleni C čini zaključenje neefikasnim (tipično se koriste $C = 20 - 600 \text{ pF}$)
- serijsko zaključenje (*series termination*):

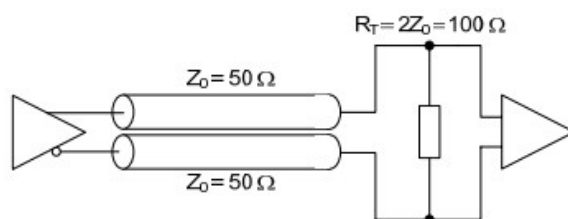


- koristi se za prilagođenje izlaznog otpora izvora karakterističnoj impedanciji linije (npr. kod izvora s malim izlaznim otporom)
- smanjuje sekundarne refleksije na izvoru (npr. kod nezaključenih linija)
- R_T se mora postaviti fizički što bliže izvoru signala (odašiljaču)
- zaključenje diodama (*diode termination*):



- diode eliminiraju nadvišenja na prijamniku uslijed neodgovarajućeg zaključenja prijenosne linije
- ne utječu na karakterističnu impedanciju linije
- niska potrošnja (za razliku od paralelnog ili Theveninovog zaključenja)
- preporučljivo koristiti brze diode (Schottky)

- zaključenje diferencijalnih signala (*differential pair termination*):



- koristi se za prilagođenje linija s diferencijalnim signalima (npr. za LVDS signale (*Low-voltage differential signaling*))
- usporedba različitih tehnika zaključenja prijenosnih linija na tiskanoj pločici:

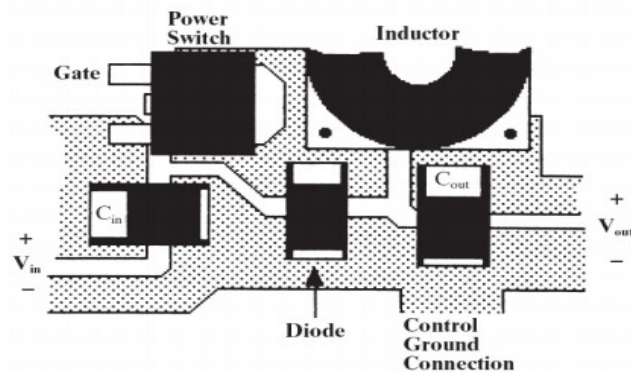
Tip zaključenja	Relativna cijena	Uneseno kašnjenje	Potrošnja
serijsko	niska	značajno	niska
paralelno	niska	maleno	visoka
RC	srednja	maleno	srednja
Thevenin	srednja	maleno	visoka
diodno	visoka	maleno	niska

32) Što su stabilizatori s prekidanjem struje, dobre i loše strane i na što treba paziti kad ih se stavlja na štampanu pločicu?

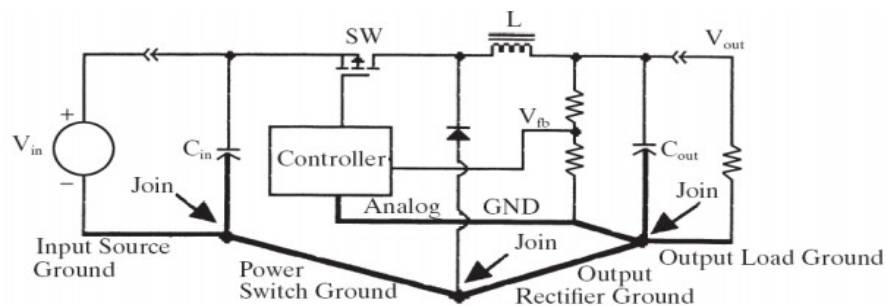
Rješenje učinske elektronike za DC/DC pretvorbu (kontrolu srednje vrijednosti napona). Postoje uzlazni (boost), silazni (buck) i uzlasno-silazni (boost-buck) DC pretvarači.

Puno veća korisnost od linearnog stabilizatora, mogu koristiti veće snage te se može podizati vrijednost napona ili mjenjati polaritet. Negativne strane su puno harmonika zbog brzog prekidanja struje pa uzrokuje EM smetnje, visoka valovitost izlaznog napona.

- Izvedba tiskanih veza kritičnog dijela stabilizatora s prekidanjem struje – čim kraći i čim deblji vodovi



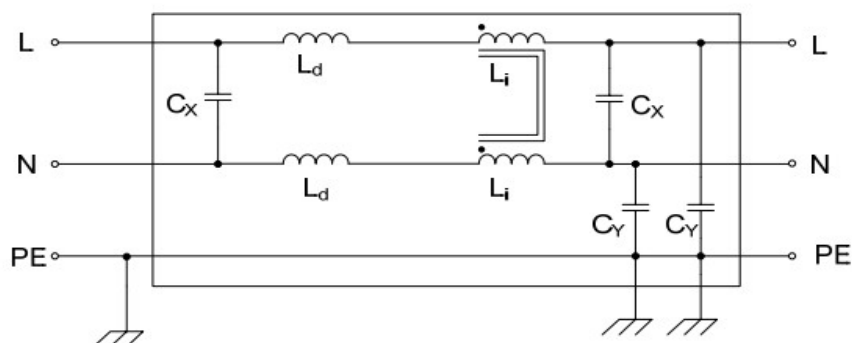
- Voditi računa o pravilnom spajanju mase energetskog i upravljačkog kruga.



33) Način spajanja plivajućeg mjernog instrumenta obzirom na smetnju?

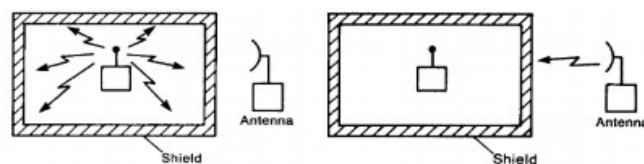
34) Nacrtati i objasniti zaštitu od smetnji u radiofrekvencijskom području (RSO)?

- mreža za zaštitu od smetnji u RF području (*conductive EMI*):



Metode djelovanja za zaštitu od RF smetnji: oklanjanje kućišta, dizajn tiskane pločice, način razvođenja i oklanjanja kablova.

- oklapanje uređaja - metalno kućište:



- problemi:

- najčešće nije moguće koristiti metalno kućište (npr. proizvodi u plastičnom kućištu – moguće nanošenje vodljivog sloja na unutrašnju stjenku plastičnog kućišta)
- u pravilu nužno postojanje malenih otvora, koji se ponašaju kao antene!
- kabeli koji izlaze iz oklopljenog uređaja također se ponašaju kao antene

- utjecaj otvora na metalnom kućištu na RF zračenje:

- otvori (*slots*) u savršeno vodljivoj površini ponašaju se kao antene s komplementarnom strukturom

- dizajn tiskane pločice

- s rješavanjem EMC problema bitno je započeti već na samoj tiskanoj pločici

- prvenstveno treba voditi računa o načinu zatvaranja VF strujnih petlji na tiskanoj pločici:

- ključno je minimizirati **površinu** strujnih petlji (tj. površinu ekvivalentne *loop* antene)
- koristiti *power* i *ground plane* (niskoimpedantni povratni put struje i dobro poništavanje EM polja)
- prilagođenje impedancije – minimizacija zračenja RF energije u prostor

35) Ispitivanja elektromagnetske kompatibilnosti, karakteristične impedancije linije?

- **elektromagnetska kompatibilnost** - utjecaj **neželjeno** generirane elektromagnetske (EM) energije na rad elektroničkih uređaja

- osnovni pojmovi:

- *electromagnetic compatibility* (EMC)

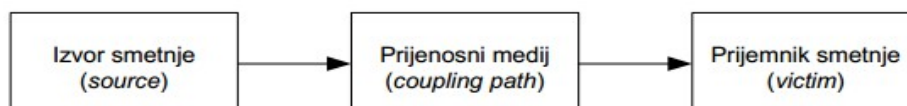
- karakteristika uređaja da neometano funkcioniра u okruđu EM smetnji i da ne generira EM smetnje drugim uređajima

- *electromagnetic interference* (EMI)

- proces prijenosa neželjene EM energije s jednog uređaja na drugi

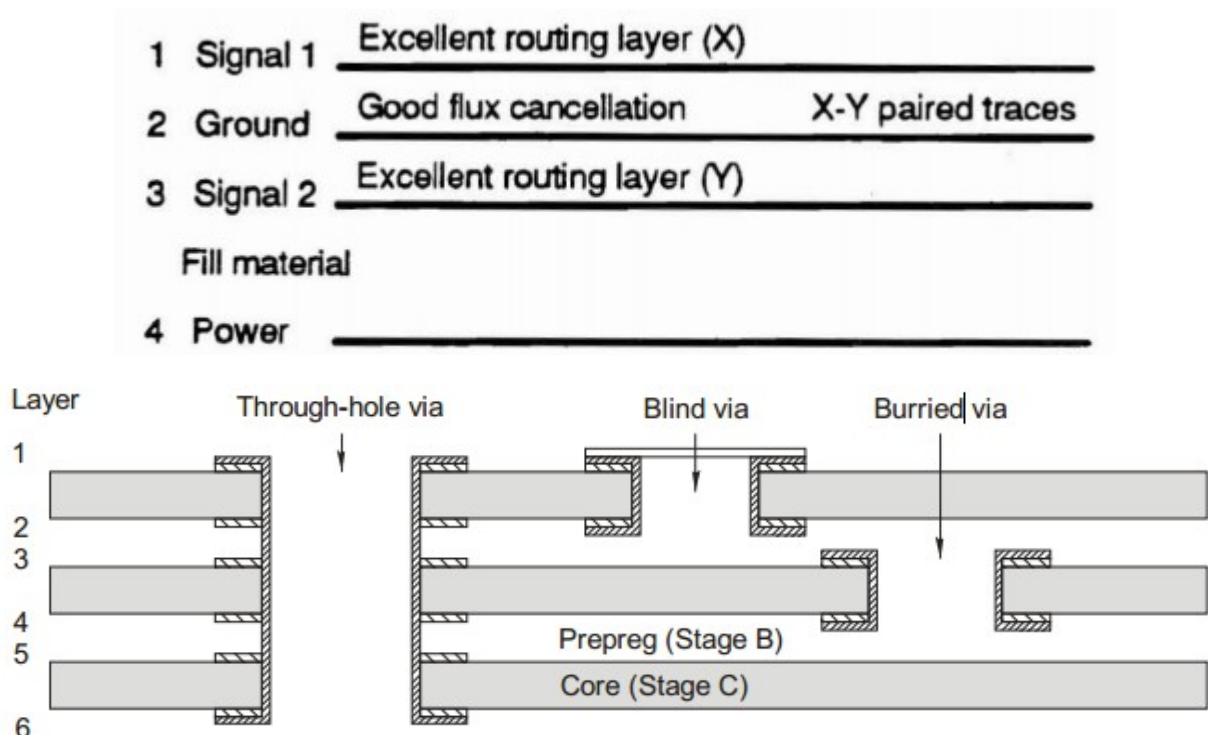
- *radiated* EMI – prijenos EM smetnji kroz slobodni prostor (antene)

- *conducted* EMI – prijenos EM smetnji kroz vodljivi medij (kabeli)



- osnovni aspekti EMC-a:
 - emisija EM smetnji (*emissions*)
 - opisuje u kojoj mjeri uređaj generira neželjeni EMI
 - osjetljivost na EM smetnje (*susceptibility*)
 - opisuje u kojoj mjeri uređaj otporan na EMI
 - u to se ubraja ne samo *radiated/conducted* EMI, već i:
 - EOS (*Electrical overstress*) – prenaponi
 - ESD (*Electrostatic discharge*) – elektrostatski izboji
- cilj dobrog EMC dizajna:
 - zadovoljiti međunarodnu i domaću **zakonsku** regulativu
 - zadovoljiti posebne (dobrovoljne) industrijske norme
- dizajn uređaja sukladnog s EMC normama
 - složena i zahtjevna analiza različitih utjecajnih faktora
 - identifikacija mogućih problema u ranoj fazi razvoja
 - najčešće potreban kompromis između različitih preporuka za dobar EMC dizajn
- potrebno voditi računa o sljedećim bitnim aspektima:
 - generiranje EM smetnji koje mogu utjecati na druge uređaje
 - osjetljivost na EM smetnje iz drugih uređaja
 - analiza smetnji nastalih unutar uređaja na rad samog uređaja (npr. preslušavanje)
- “princip reciprociteta” – uređaj koji je dizajniran tako da minimizira emisiju EMI u pravilu je relativno otporan na utjecaj vanjskih smetnji

36) Nacrtati 6-slojnu štampanu pločicu i nacrtati i napisati tipove via?



37) Sta je to Monte Carlo analiza i ostale vrste analiza?

Operating Point (OP) Analysis – proračun DC radne točke sklopa

Transient Analysis – određivanje vremenskog odziva napona i struja na promatranim mjestima u sklopu

Fourier Analysis – spektralna analiza vremenskog odziva napona i struja

DC Sweep Analysis – određivanje istosmjerne prijenosne karakteristike sklopa

AC Small Signal Analysis – određivanje frekvencijske karakteristike sklopa u režimu malog signala

Impedance Plot Analysis – prikaz impedancije koja se vidi s ulaznih priključnica sklopa

Noise Analysis – određivanje utjecaja šuma otpornika i poluvodičkih komponenti na rad sklopa spektra snage šuma

Pole-Zero Analysis – koristi se kod analize stabilnosti sklopa

Transfer Function Analysis – proračun ulaznog i izlaznog otpora te naponskog pojačanja

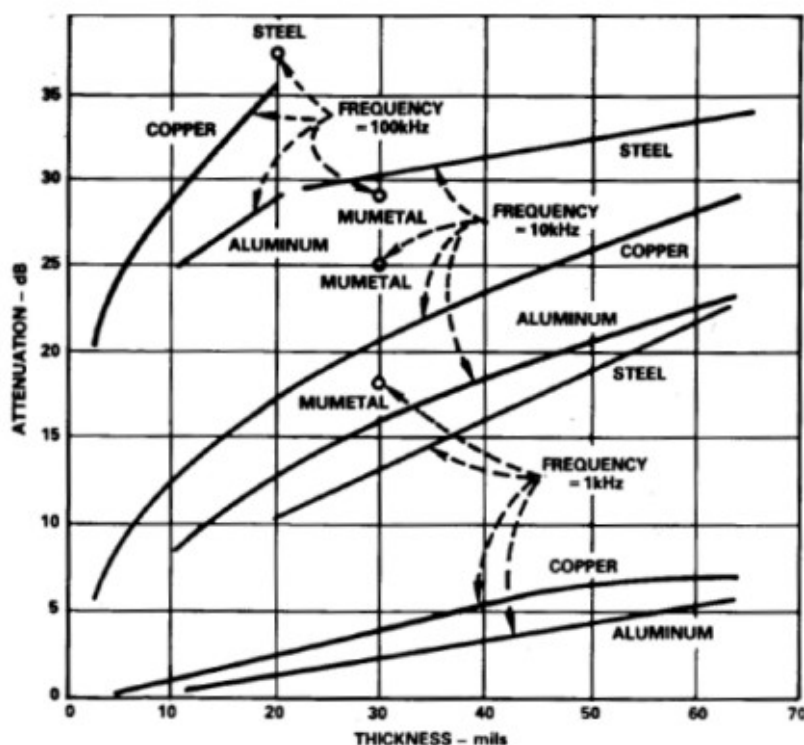
Monte Carlo Analysis – višestruka SPICE simulacija sklopa uz slučajno variranje vrijednosti komponenti sklopa unutar zadanih tolerancija

Parameter Sweep Analysis – višestruka SPICE simulacija sklopa uz determinističko variranje vrijednosti komponenti u predefiniranom rasponu vrijednosti prema zadanim koracima promjene

Temperature Sweep Analysis – višestruka SPICE simulacija sklopa uz variranje radne temperature sklopa kao parametra

39) Zasto nije moguće postići dobru zaštitu od magnetskih smetnji oklapanjem istima metalom na VF i na NF? Koji je metal najučinkovitiji za oklapanje na NF i slabom polju?

Na niskim freq. oklapa se mu-metalom. Kada mu-metal uđe u zasićenje onda više nije učinkovit. Ulazi u zasićenje kod jakih polja i VF. Na VF učinkoviti drugi metali (čelik, bakar...).



usporedba učinkovitosti magnetskog oklapanja mu-metalom ($d = 30\text{mils}$) i drugim materijalima (čelik, Cu, Al) za različite debljine oklopa i frekvencije od 1 kHz do 100 kHz