


Projektovanje elektronskih kola

**Prof. dr Predrag Petković,
dr Miljana Milić, docent**

**Katedra za elektroniku
Elektronski fakultet Niš**

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>
18.05.2020.




1

Projektovanje elektronskih kola

Sadržaj:

1. Uvod - osnovni pojmovi
2. Stilovi projektovanja i izrade prototipova
3. Projektovanje analognih kola
4. Osnove fizičkog projektovanja
(projektovanje štampanih ploča)
5. Projektovanje digitalnih kola (vežbe)

LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>
18.05.2020.



2

Projektovanje elektronskih kola

Sadržaj:

- I. Uvod - osnovni pojmovi
- II. Analiza el. kola primenom računara
- III. Optimizacija el. kola
- IV. Osnove fizičkog projektovanja
(projektovanje štampanih ploča)

18.05.2020.

3

Projektovanje štampanih ploča

Proces projektovanja PCB:

- I. Selekcija komponenta, tehnologije
2. Crtanje električne šeme
3. Verifikacija el. šeme (analiza kola)
4. Raspored elemenata (*Floor planning*)
5. Povezivanje (*Automatsko-ručno*)
6. Provera pravila projektovanja
7. Izrada

18.05.2020.

4

Proces projektovanja PCB:

1. Projektovanje elektronskog kola
 - električna šema
 - parametri kola
2. Verifikacija
3. Selekcija komponenata, tehnologije
4. Raspored elemenata (*Floor planning*)
5. Povezivanje (Automatsko-ručno)
6. Provera pravila projektovanja
7. Izrada

18.05.2020.

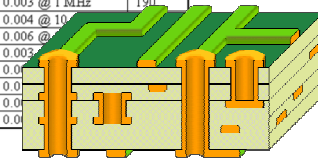
5

Da se podsetimo

Proces projektovanja:

- Pre početka projektovanja PCB treba odlučiti koji tip ploče da se koristi :
(Materijal, debljina, broj slojeva,...)

Brand	Type	ϵ_r	$\tan \theta$	T_g
Park Nelco	N4000-13	3.95 @ 10 GHz	0.01 @ 1 GHz	210
Park Nelco	N6000	3.3 @ 1 GHz	0.005 @ 1 GHz	210
Arlon	25N	3.25 @ 10 GHz	0.0024 @ 10 GHz	> 225
Megtron	R5715	3.5-4.2 @ 1 MHz	0.010-.015 @ 1 MHz	180
Allied Signal	FR 408	< 3.6 @ 50-1000 MHz	< 0.009 @ 50-1000 MHz	180
Gore	Speedboard C	2.2-2.6 @ 1 MHz	0.003 @ 1 MHz	190
Rogers	4000 series	3.38 @ 10 GHz	0.004 @ 10 GHz	210
Polyclad	PCL-LD-621	3.5 @ 1 GHz	0.006 @ 1 GHz	210
GIL	GML 1000	3.05 @ 10 GHz	0.003 @ 10 GHz	210
GIL	MC 5	3.26 @ 1-15 GHz	0.003 @ 1-15 GHz	210
G E	GETEK	3.6-4.2 @ 1 MHz	0.003 @ 1 MHz	210
ISOLA	GIGAVER	3.5-4.0 @ 1 MHz	0.003 @ 1 MHz	210
Taconic	RF 35	3.5 @ 2 GHz	0.003 @ 2 GHz	210



18.05.2020.

6

Proces projektovanja:

U velikim firmama ove odluke se donose na višim nivoima i projektant dobije zadatak samo da prati uputstva.

U malim, početničkim kompanijama (start-up), odluku donosi projektant.

Pre početka fizičkog projektovanja treba biti svestan podataka koje traže proizvođači ploča, kako bi projekat mogao da se realizuje do kraja.

18.05.2020.

7

Proces projektovanja: projektovanje štampanih ploča

Resursi: Proizvođači <https://pcbshopper.com>

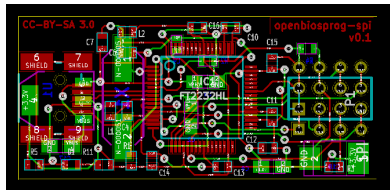
11.05.2020.

8

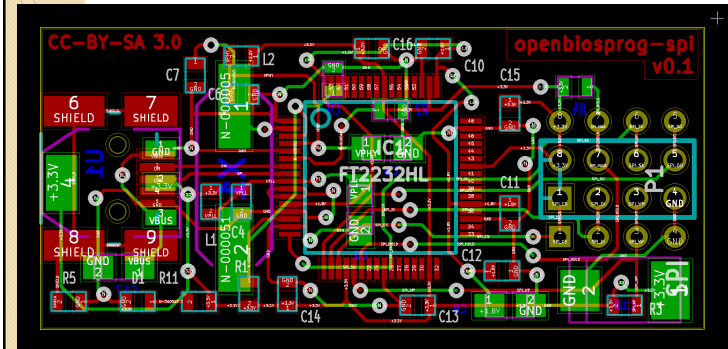
Proces projektovanja: Na prethodnom slajdu pojavljivali su se pojmovi koje do sada nismo pominjali. Zato se treba upoznati sa tipovima, nazivima i značenjem maski, odnosno neophodnih fajlova.

Oni su definisani standardom RS-274X i novijim, RS-274X2, poznatim kao

Gerber fajlovi – svi fajlovi neophodni da se napravi PCB:

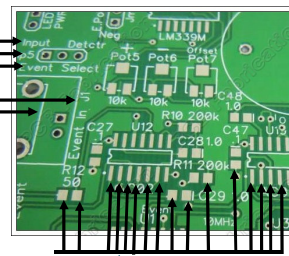


Gerber fajlovi – standard RS-274X (RS-27X2)
Svi fajlovi neophodni da se napravi PCB:



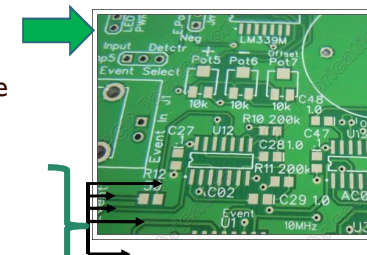
Proces projektovanja:
vrste, nazivi i značenje maski :
Gerber fajlovi – standard RS-274X

1. Silkscreen – legenda sa oznakama komponenta (tekst, najčešće bela slova), za gornju (top) i donju (bottom) stranu ploče – po potrebi
2. Paste layer – tzv. stencil sadrži otvore kroz koje se nanosi pasta za lemljenje (za gornju/donju stranu).



Proces projektovanja:
vrste, nazivi i značenje maski :
Gerber fajlovi – standard RS-274X

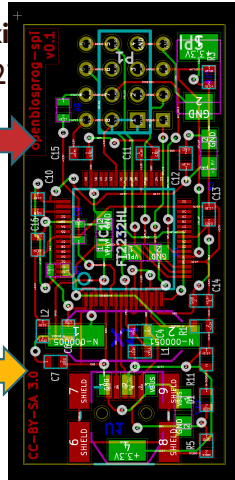
3. Solder mask – pokriva sve veze i štiti ih od korozije (za gornju i donju stranu), najčešće zelena.
4. Gornja/donja maska za bakarne veze.
5. Mid-layers – maske za veze u srednjim slojevima



Proces projektovanja:
vrste i nazivi i značenje maski

Gerber fajlovi – standard RS-274

6. Drawing / drill drawing file – generalno tekst sa potrebnim informacijama o ploči, bušenju, povezivanju, autoru, verziji,....
7. Ostali mehanički slojevi – ivice ploče i sl.



18.05.2020.

15

Proces projektovanja:
vrste i nazivi i značenje maski:
ostali fajlovi

- NC drill file – podaci za automatsku bušilicu, pomeranje glave i dimenzije svrdla.
- Pick and Place file – podaci za mašinu kojom se automatski pozicioniraju komponente.

18.05.2020.

14

Proces projektovanja PCB:

1. Projektovanje elektronskog kola
 - električna šema
 - parametri kola
2. Verifikacija
3. Selekcija komponenata, tehnologije
4. Raspored elemenata (*Floor planning*)
5. Povezivanje (Automatsko-ručno)
6. Provera pravila projektovanja
7. Izrada

18.05.2020.

15

Proces projektovanja:

4. Raspored elemenata (*Floor planning*)

Podese softver za projektovanje (alat) na *snap grid*

Postavi na radnu površinu (ploču) sve elemente

Postavi sve komponente logički u odnosu na:

- protok signala, (pravac ulaz-izlaz)
- funkciju u kolu, (analogni, digitalni, frekvencija)
- osetljivost (na temperaturu, smetnje)

18.05.2020.

16

Proces projektovanja:**4. Raspored elemenata (*Floor planning*)**

Identifikuj kritične veze

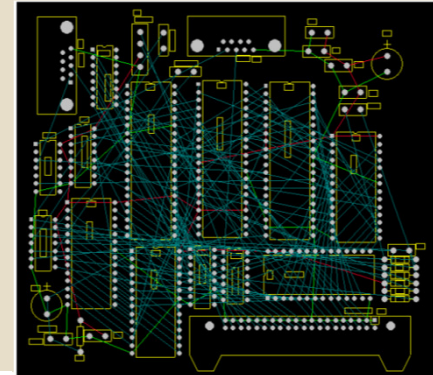
Poredaj elemente uredno, simetrično, poravnaj
- *alajniraj (aline)*

Ako lepo izgleda, radiće lepo

Dobar raspored je 90% posla

18.05.2020.

17

4. Raspored elemenata**Planiranje rasporeda (*Floor Planning*)**

18.05.2020.

18

Proces projektovanja PCB:**1. Projektovanje elektronskog kola**

- električna šema
- parametri kola

2. Verifikacija**3. Selekcija komponenata, tehnologije****4. Raspored elemenata (*Floor planning*)****5. Povezivanje (Automatsko-ručno)****6. Provera pravila projektovanja****7. Izrada**

18.05.2020.

19

Proces projektovanja:**5. Povezivanje (Automatsko-ručno)**

- **Setuj *Electrical grid = snap to center*;**
sve veze na istom potencijalu nazivaju se
“čvor” ili “mreža” (net)
- **Svaka mreža - što kraća;**
- **Koristi uglove od po 45 (zbog proizvodnje);**
- **Koristi celu površinu ploče;**
- **Centriraj vezu sa stopicama;**

18.05.2020.

20

Proces projektovanja:**5. Povezivanje (Automatsko-ručno)**

- Koristi veze širine 100mils kad god može;
- Između dve stopice stavi 2 veze samo ako ne postoji drugo rešenje (obidi);
- Suzi vezu između stopica;
- Za veze između dva sloja kroz koje protiče veća struja koristi (paralelno) višestruki prolaz – *via*;

18.05.2020.

21

Proces projektovanja:**5. Povezivanje (Automatsko-ručno)**

- Ne postavljaš prolaze (*vije*) ispod komponenta (neće moći da im se priđe kada se postavi komponenta)
- Koristi nožicu komponente umesto *vije* kad god može (pouzdanije, kraće vreme montaže)

18.05.2020.

22

Proces projektovanja:**5. Povezivanje (Automatsko-ručno)**

- Ukoliko su PWR, GND kritični, prvo njih trasiraj;
- Veze PWR i GND proširi koliko može
- PWR i GND što bliža jedna drugoj;
- Simetrijaj veze (naročito diferencijalne);
- Ne ostavljaj nepovezan bakar (veži za GND ili ga ukloni)

18.05.2020.

23

Proces projektovanja:**5. Povezivanje (Automatsko-ručno)****Primer:**

Često je neophodno da se između VDD i VSS svih integrisanih kola veže kondenzator. On služi kao dodatni rezervoar naelektrisanja kako bi ublažio sve nagle promene struja napajanja, odnosno da bi nadoknadio neophodno naelektrisanje u trenucima kada više signala u kolu menja stanje.

Ovaj kondenzator zove se *bypass* ili *decoupling* kondenzator.

<https://www.electronicshub.org/bypass-capacitor-tutorial/>

<https://www.youtube.com/watch?v=xew-n9lrZ8E>

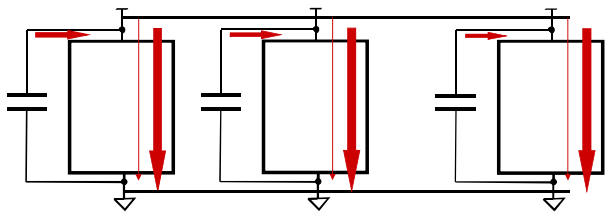
<https://www.youtube.com/watch?v=lxicZF9glH0>

18.05.2020.

24

Proces projektovanja:
5. Povezivanje (Automatsko-ručno)

Primer bypass kondenzator:



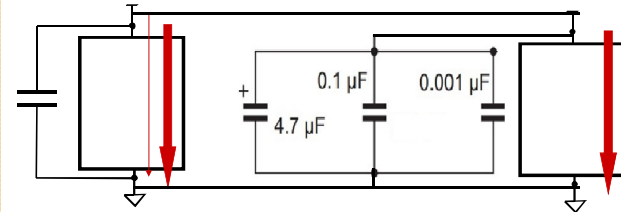
LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>



25

Proces projektovanja:
5. Povezivanje (Automatsko-ručno)

Primer bypass kondenzator
Realizacija za VF



LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation
<http://leda.elfak.ni.ac.yu/>

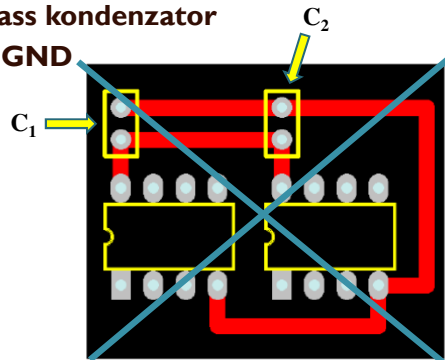


26

Projektovanje štampanih ploča

Proces projektovanja:
5. Povezivanje (Automatsko-ručno)

Primer bypass kondenzator
Loše PWR, GND



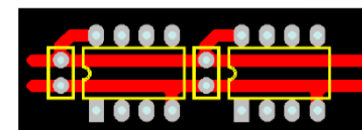
18.05.2020.

27

Projektovanje štampanih ploča

Proces projektovanja:
5. Povezivanje (Automatsko-ručno)
Primeri

Dobro



18.05.2020.

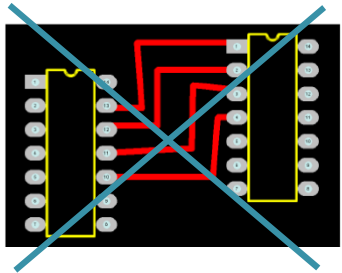
28

Proces projektovanja:

5. Povezivanje (Automatsko-ručno)

Primeri

Loše

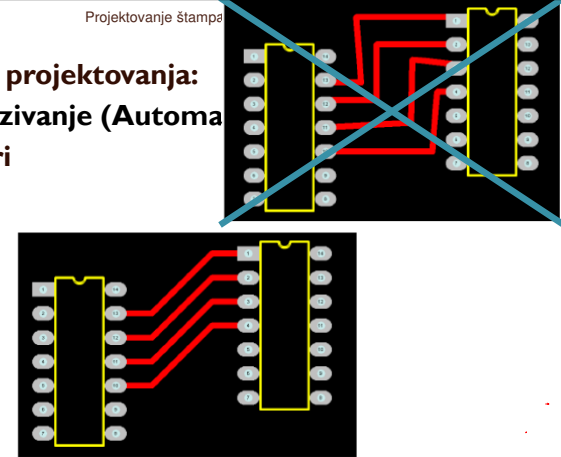


Proces projektovanja:

5. Povezivanje (Automatsko-ručno)

Primeri

Dobro



Proces projektovanja:

5. Povezivanje (Automatsko-ručno)

Završna šminka:

- Na T kontaktima dodaj proširenje



- Na stopicama i viama vezanim za tanke trake dodaj proširenje



Proces projektovanja:

5. Povezivanje (Automatsko-ručno)

Završna šminka:

- Proveri prostor za montažu (šrafovi)
- Proveri dimenzije otvora (da li komponenta može da prođe)
- Proveri dimenzije via i stopica
- Proveri fizički razmak između komponenata
- Minimizuj broj različitih dimenzija otvora

Proces projektovanja PCB:

1. Projektovanje elektronskog kola
 - električna šema
 - parametri kola
2. Verifikacija
3. Selekcija komponenata, tehnologije
4. Raspored elemenata (*Floor planning*)
5. Povezivanje (Automatsko-ručno)
6. Provera pravila projektovanja
7. Izrada

18.05.2020.

33

Proces projektovanja:

6. Provera pravila projektovanja
 - Design Rule Check (DRC)**
 - Automatska provera fizičkih dimenzija**
 - širine veza
 - razmaka
 - povezanost mreža (kratak spoj/ prekid)
 - širina otvora

18.05.2020.

34

Proces projektovanja:

Podsetnik: Osim osnovnih maski generišu se i maske za:

- mehanički sloj (maska) "*Mechanical Layer*" definiše oblik i dimenziju ploče (odvajanje od susednih ploča)
- "*Keepout*" sloj definiše deo ploče na kome nema bakra (npr. razmak između visokonaponskih komponenata)
- Sloj (maska) za poravnanje (alajniranje) "*Alignment Layer*" koristi proizvođač da podesi sve ostale slojeve
- Netlista – lista veza (mreža) "*Netlist*" svi podaci koji se nalaze na električnoj šemi

Programi za projektovanje PCB eksportuju rezultat u vidu Greber fajlova

18.05.2020.

35

Proces projektovanja PCB:

1. Projektovanje elektronskog kola
 - električna šema
 - parametri kola
2. Verifikacija
3. Selekcija komponenata, tehnologije
4. Raspored elemenata (*Floor planning*)
5. Povezivanje (Automatsko-ručno)
6. Provera pravila projektovanja
7. Izrada

18.05.2020.

36

Proces projektovanja:

7. Izrada štampane ploče (ručna)



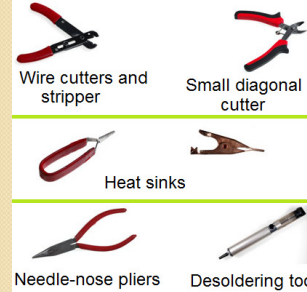
- Materijali i alati za realizaciju pločice
- Laserski štampač
- Pegla
- Fina šmirgla
- Kiselina (FC),
- Aceton
- Alkohol
- Voda
- Gumene rukavice
- Naočare
- Papirni ubrusi
- Plastične kutije

18.05.2020.

37

Proces projektovanja:

7. Izrada štampane ploče (ručna)



- Materijali i alati za punjenje pločice
- Lemilica
- Sečice
- Hvataljke za odvođenje toplote
- Klješta sa šiljatim vrhom
- Vakum pumpica

18.05.2020.

38

Proces projektovanja:

7. Izrada štampane ploče (punjenje ručno)

„PCB making made easy“

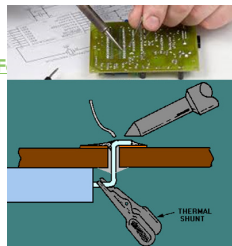
<https://www.youtube.com/watch?v=vXf71oZbyCA&t=120s>

„DIY printed circuit board“

<https://www.youtube.com/watch?v=wKEe3otWstM&t=78s>

„How to make pcb at home“

<https://www.youtube.com/watch?v=q6iu8F>



18.05.2020.

39

Sledeće nedelje:

-Nastavak

Punjenje štampane pločice

Izazovi fizičkog projektovanja

18.05.2020.

40