

## Projektovanje elektronskih kola

### Sadržaj:

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

25.04.2019. LEDA - Laboratory for Electronic Design Automation  
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>



1

## Analiza kola

### Analiza kola

#### Tipovi analize?

Zavisno od **vrste pobude**, ima smisla analizirati ponašanje kola u

1. jednosmernom domenu (određivanje položaja jednosmerne radne tačke kola).
2. frekvencijskom domenu (frekvencijska karakteristika kola – amplitudska, fazna)
3. vremenskom domenu (talasni oblik napona/struja na izlazu kola pobuđenog impulsima poznatog talasnog oblika)

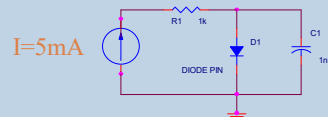
25.04.2019.

2

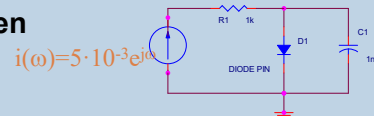
## Analiza kola

### Tipovi analize kola

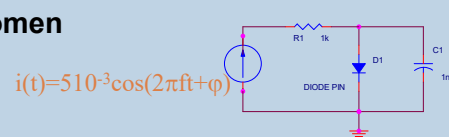
1. Jednosmerni domen (DC analiza)



2. Frekvencijski domen (AC analiza)



3. Vremenski domen (TR analiza)



25.04.2019.

3

## Analiza kola

### Analiza kola

#### Tipovi analize?

Zavisno od **vrste elemenata od kojih se kolo sastoji**, različiti tip problema i metoda za analizu

1. Linearna otporna kola (R, linearni generatori, nezavisni i kontrolisani)
2. Linearna reaktivna kola (R, L, C, m, ...)
3. Nelinearna otporna (poluprovodničke komponente, R, ...)
4. Nelinearna reaktivna (poluprovodničke komponente, R, L, C,...)

25.04.2019.

4

## Analiza kola

### Tipovi elektronskih kola

1. Linearna otporna R
2. Linearna reaktivna L, C, m, ...
3. Nelinearna otporna dioda, tranzistor, R, ...
4. Nelinearna reaktivna dioda, tranzistor, R, L, C, ...

### Tipovi analize kola


1. Jednosmerni domen (DC analiza)
2. Frekvencijski domen (AC analiza)
3. Vremenski domen (TR analiza)

25.04.2019. 5

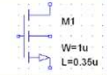
## Analiza kola

### Modeli

**WDIODE**  
wdiode.asy

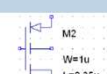


**NMOS**  
nmos\_035.asy



$V_{in} \approx 0.48 \text{ V}$   
 $\mu_n C_{ox} \approx 90 \mu\text{A/V}^2$   
 $\lambda_n \approx 0.035 \text{ 1/V (} L=1\mu\text{)}$   
 $0.025 \text{ 1/V (} L=2\mu\text{)}$   
 $<0.015 \text{ 1/V (} L>4\mu\text{)}$

**PMOS**  
pmos\_035.asy



$V_{p} \approx -0.62 \text{ V}$   
 $\mu_p C_{ox} \approx 36 \mu\text{A/V}^2$   
 $\lambda_p \approx 0.046 \text{ 1/V (} L=1\mu\text{)}$   
 $0.019 \text{ 1/V (} L=2\mu\text{)}$   
 $<0.01 \text{ 1/V (} L>4\mu\text{)}$


**Gde su smešteni?**

25.04.2019. 6

## Analiza kola

### Modeli

Gde su smešteni?

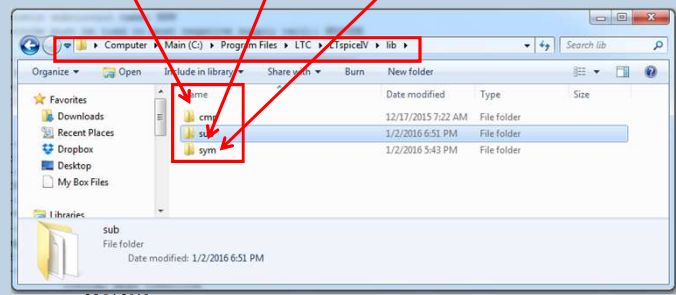


25.04.2019. 7

## Analiza kola

Modeli
Potkola (subcircuits)
Simboli

### Gde su smešteni?



25.04.2019. 8

**Analiza kola**

**Modeli BJT TXT format sa ekstenzijom .BJT**

**.CAP .DIO .IND .RES .MOS**

25.04.2019.

**Analiza kola**

**Potkola (cmos035)**

**TXT format sa ekstenzijom .lib**

25.04.2019.

**Analiza kola**

**Potkola (LTC660)**

**binarni format sa ekstenzijom .sub**

25.04.2019.

**Analiza kola**

**Simboli (cmos035 nmos)**


**TXT format sa ekstenzijom .asy (ista imena)**

25.04.2019.


## Analiza kola

### Modeli

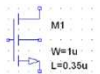
**WDIODE**  
wdiode.asy



**NMOS**  
nmos\_035.asy

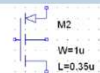


**NMOS**  
nmos\_035.asy

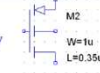


$V_{th} \approx 0.48 \text{ V}$   
 $\mu_n C_{ox} \approx 90 \mu\text{A/V}^2$   
 $\lambda_n \approx 0.035 \text{ 1/V (} L=1\mu\text{)}$   
 $0.025 \text{ 1/V (} L=2\mu\text{)}$   
 $<0.015 \text{ 1/V (} L>4\mu\text{)}$

**PMOS**  
pmos\_035.asy



**PMOS**  
pmos\_035.asy



$V_{tp} \approx -0.62 \text{ V}$   
 $\mu_p C_{ox} \approx 36 \mu\text{A/V}^2$   
 $\lambda_p \approx 0.046 \text{ 1/V (} L=1\mu\text{)}$   
 $0.019 \text{ 1/V (} L=2\mu\text{)}$   
 $<0.01 \text{ 1/V (} L>4\mu\text{)}$

**Kako uneti novi model u LTSpice?**

25.04.2019. 15

## Analiza kola

### Primeri analize

[LTSpice CMOSINV](#)

[Oscilator](#)

25.04.2019.

## Analiza kola - Uvod

Šta treba da znamo?  
**Elementarno (za potpis)**  
**Tipovi analize u programu Spice?**

Osnovna (za 6)

1. Kako se dodaje novi korisnički model u programu Spice?
2. Kako se dodaje nova komponenta postojećoj biblioteci u programu Spice?

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

 15


## Analiza kola - Uvod

Šta treba da znamo?  
**Ispitna pitanja**

**Koje parametre treba zadati i šta je rezultat**

- a) .OP analize?
- b) .DC analize?
- c) .TF analize?
- d) .AC analize?
- e) .noise analize?
- f) .tran analize?

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

 16