

# ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITET U BEOGRADU

Прва лабораторијска вежба

Моделовање основних компоненти у Verilogu А језику



проф. др Милан Поњавић

доц. др Радивоје Ђурић

ас. мс Никола Петровић

## Увод

Циљ ове вежбе је да студенти генеришу Verilog А фајлове за опис одговарајућих електричних компоненти, упознају се са начином инстанцирања и коришћења компоненти, као и да науче да пишу Verilog А код за моделовање, тестирање и симулацију рада моделованих кола.

Моделовање и тестирање компоненти вршиће се у софтверу Cadence Virtuoso.

Целине које је потребно моделовати су:

1. Основна пасивна електрична кола, отпорник, кондензатор и калем.
2. Филтар пропусник ниских учестаности и филтар пропусник високих учестаности.
3. Моделовати отпорник тако да његова отпорност зависи од температуре као:

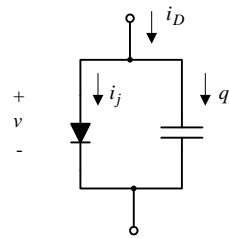
$$R = R_0(1 + \alpha T)$$

Где је  $T$  температура у келвинима,  $\alpha$  коефицијент зависности промене отпорности са температуром и  $R_0$  је номинална отпорност.

4. Генераторе једносмерног напона и струје. Струјно контролисани струјни извор и напонски контролисан напонски извор.
5. Нелинеарну диоду приказану на слици. Једначине диоде дате су помоћу једначина:

$$q_c = t_f i_j + 2C_{j0} \Phi \sqrt{1 - \frac{v}{\Phi}}$$

$$i_d = i_j + \frac{dq_c}{dt}$$



6. Моделовати операциони појачавач са улазном отпорношћу од  $100\text{M}\Omega$ , излазном отпорношћу од  $1\Omega$  и појачањем од  $100\,000$ .

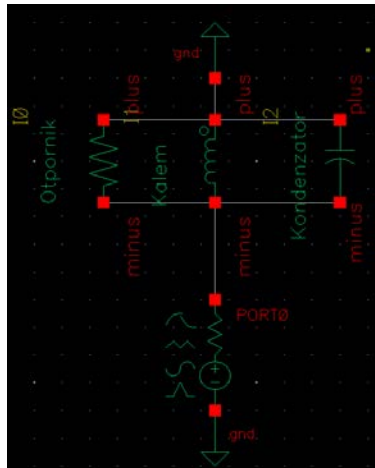
Потребно предзнање студената:

- Познавање основних електричних компоненти као и зависност струје и напона ових компоненти (Основи електронике и Основи аналогне електронике),
- Основна предзнања моделовања компоненти у Verilogу А, декларација модула, дефинисање портова, инстанцирање компонената, покретање симулација у Virtuoso-у (предавања и вежбе из предмета Анализа и моделовање електронских кола употребом HDL-AMS језика).

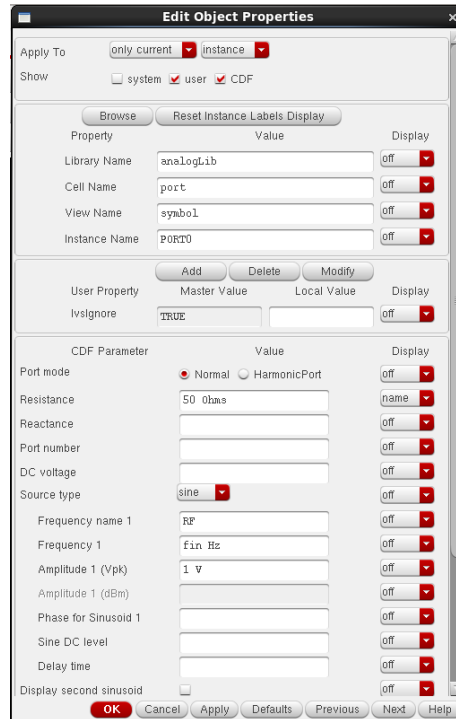
# 1. Основна пасивна електрична кола

У циљу провере функционалности моделованих компоненти потребно је направити нову шему као што је приказано на слици 1.1. Параметри компоненти су  $R=100\Omega$ ,  $C=25\text{pF}$ ,  $L=1\text{nH}$ . На слици 1.2. су приказана подешавања компоненте Port.

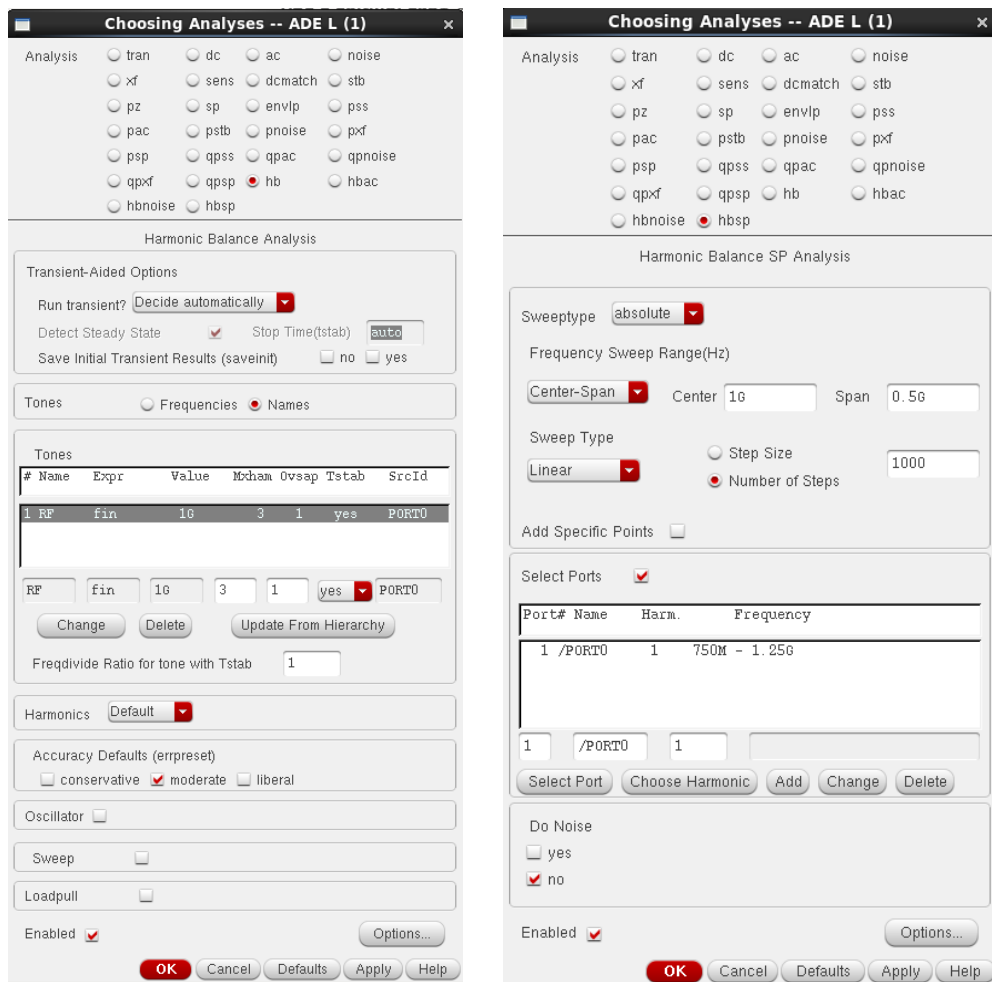
Потребно је покренути ADE L и подесити HB и HBSP симулације као што је то приказано на слици 1.3. ADE L прозор након подешавања симулација би требао да изгледа као прозор приказан на слици 1.4. Након покретања симулације потребно је у оквиру ADE L прозора кликнути на **Results -> Direct Plot -> Main form** и изабрати параметар Z11 као што је то приказано на слици 1.5. Резултат симулације је приказан на слици 1.6.



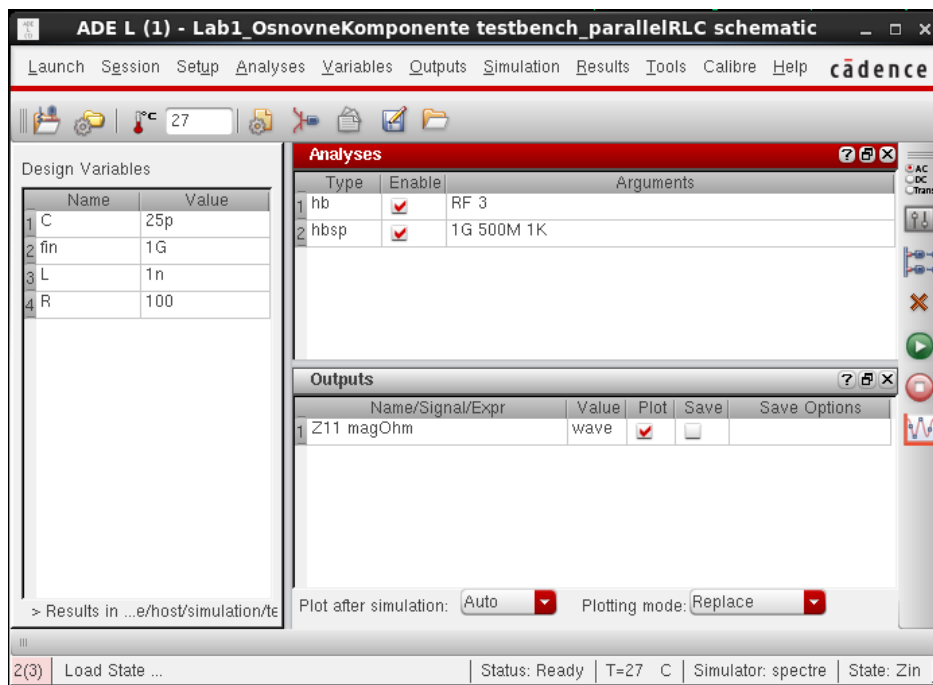
Слика 1.1. Шема за тестирање функционалности моделованих компоненти.



Слика 1.2. Подешавање компоненте Port.



Слика 1.3. Подешавање НВ и НВСП симулације.



Слика 1.4. Изглед ADE L прозора.

**Direct Plot Form**

Plotting Mode: Append

**Analysis**

hb  hbasp

**Function**

SP  ZP  YP  HP

GD  VSWR  NFmin  Gmin

Rn  m  NF  Kf

B1f  GT  GA  GP

Gmax  Gmsg  GumX  ZM

NC  GAC  GPC  LSB

SSB  F  Fdsb  Fieee

Fmin  GAIN  IRN  NFdsb

NFieee

Description: Z-Parameter

**Modifier**

Magnitude  Phase  dB20

Real  Imaginary

Z11

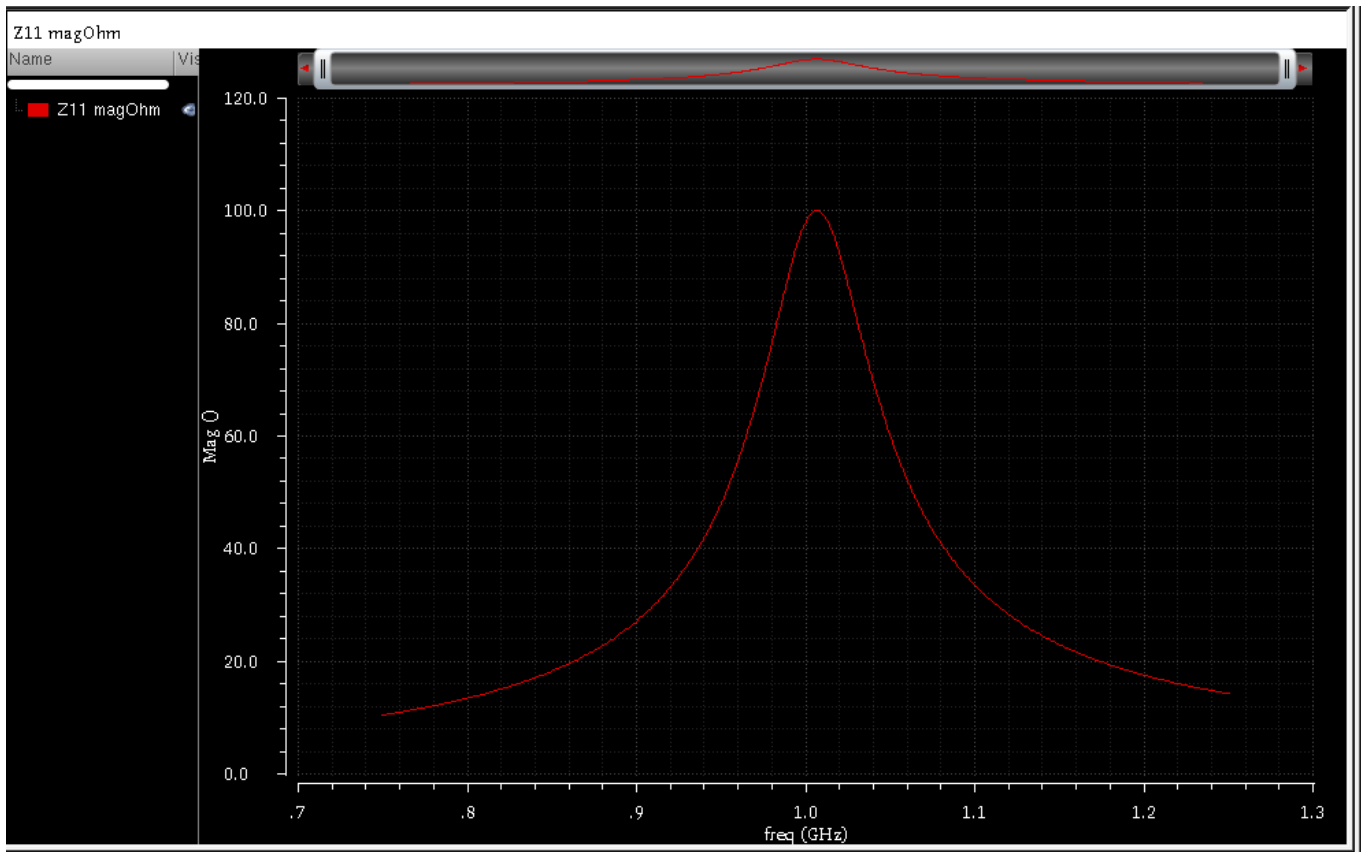
Loadpull Contour

Add To Outputs

> To plot, press Zij-button on this form...

OK Cancel Help

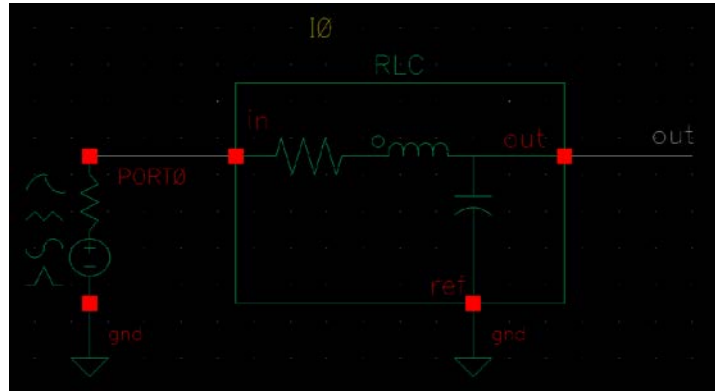
Слика 1.5. Подешавање симулације.



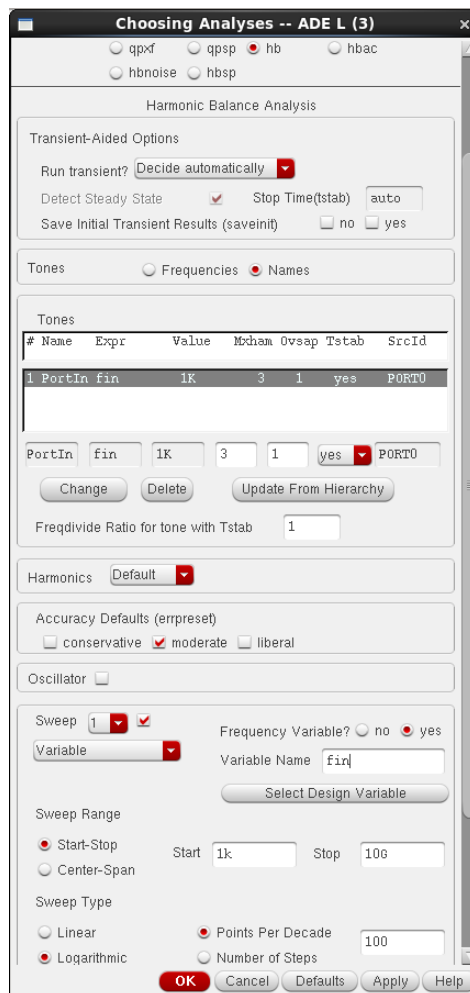
Слика 1.6. Очекивани резултат симулације.

## 2. Нископропусни и високопропусни филтар

За тестирање функционалност моделованог нископропусног филтра потребно је направити шему као што је то приказано на слици 2.1. Параметри филтра су  $R=10\Omega$ ,  $C=25\text{pF}$ ,  $L=1\text{nH}$ . Док су подешавања компоненте Port идентична као подешавања на слици 1.2. Покренути ADE L и подесити НВ анализу као што је то приказано на слици 2.2.

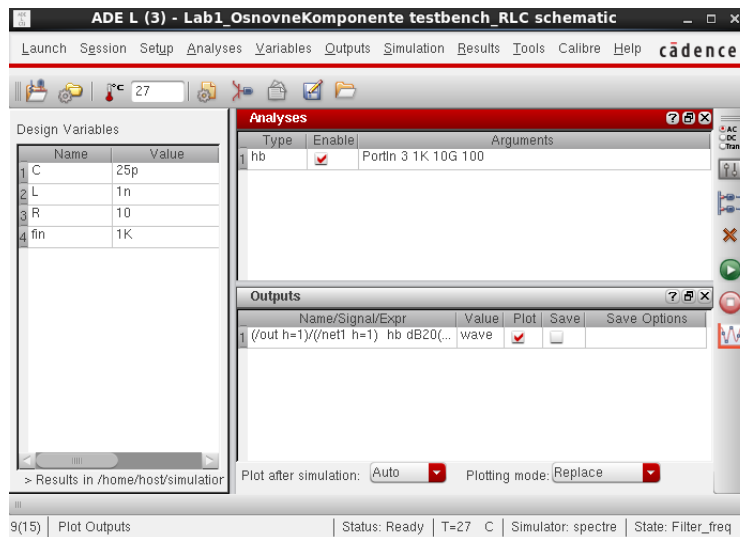


Слика 2.1. Коло за тестирање функционалности LP филтра.



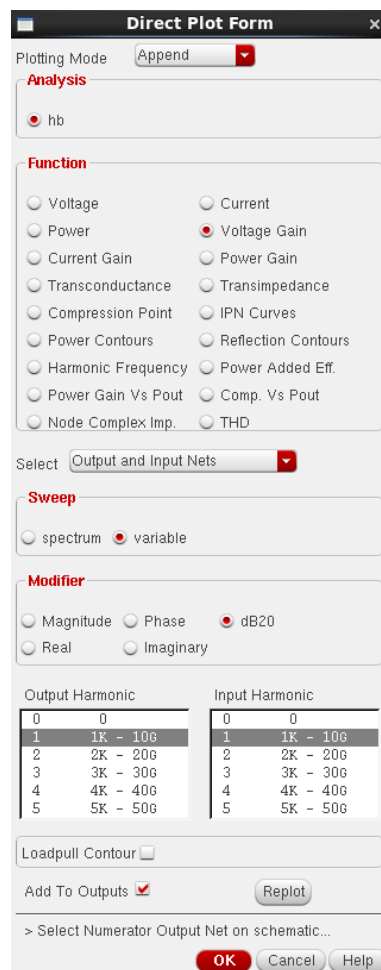
Слика 2.2. Подешавање НВ анализе.

Након подешавања анализе, ADE L прозор треба да изгледа као што је то приказано на слици 2.3.



Слика 2.3. Изглед ADE L прозора.

Покренути анализу и онда у оквиру ADE L прозора селектовати **Results -> Direct Plot -> Main form** након чега је потребно подесити **Direct Plot Form** прозор као што је то приказано на слици 2.4. и кликнути на линију **out** на шеми. Добијени дијаграм би требао да изгледа као дијаграм на слици 2.5.

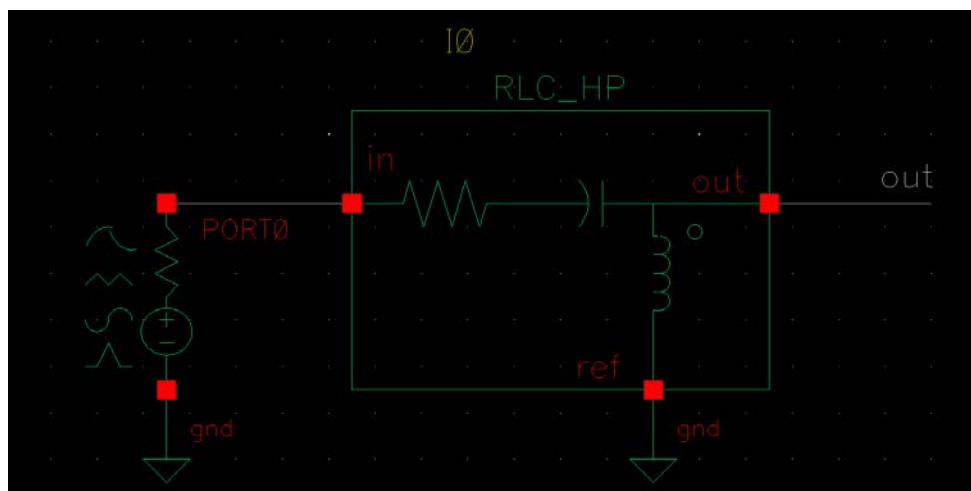


Слика 2.4. Подешавање Direct Plot Form прозора.



Слика 2.5. Резултат симулације.

Шема за тестирање високопропусног филтра је дата на слици 2.6. и параметри филтра су исти као и у сличају нископропусног филтра  $R=10\Omega$ ,  $C=25\text{pF}$ ,  $L=1\text{nH}$ . Подешавање компоненте Port је идентично као у претходном случају и дато је на слици 1.3. Подешавање НВ анализе дато је на слици 2.7. Као и у случају нископропусног филтра, потребно је након покретања симулације изабрати **Results -> Direct Plot -> Main form** и **Direct Plot Form** прозор наместити као што је то приказано на слици 2.4. Резултат симулације приказан на слици 2.8.

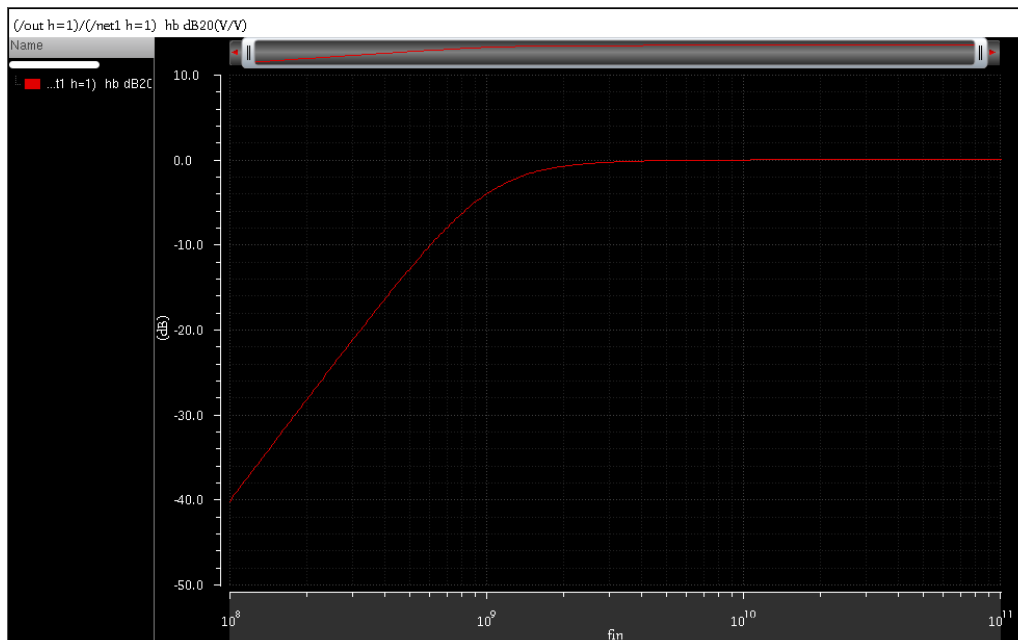


Слика 2.6. Коло за тестирање функционалности високопропусног филтра.





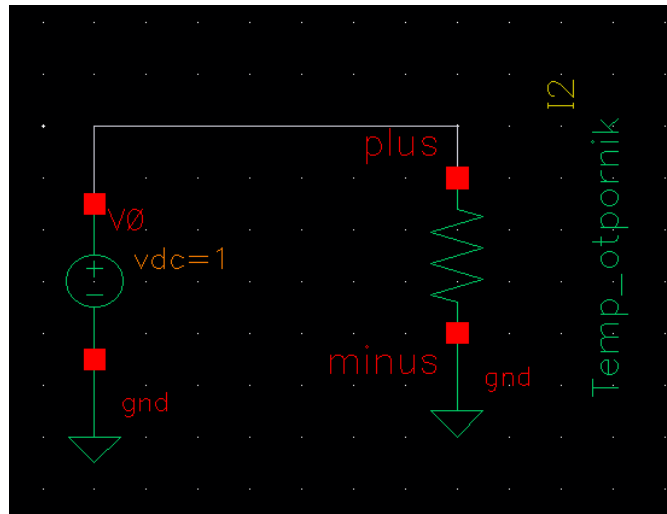
Слика 2.7. Подешавање НВ анализе за високопропусни филтар.



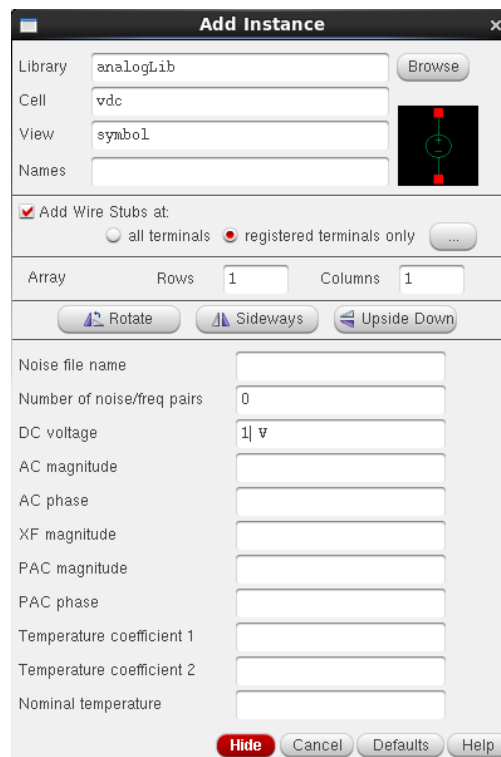
Слика 2.8. Резултати симулације за НР филтар.

### 3. Температурно зависни отпорник

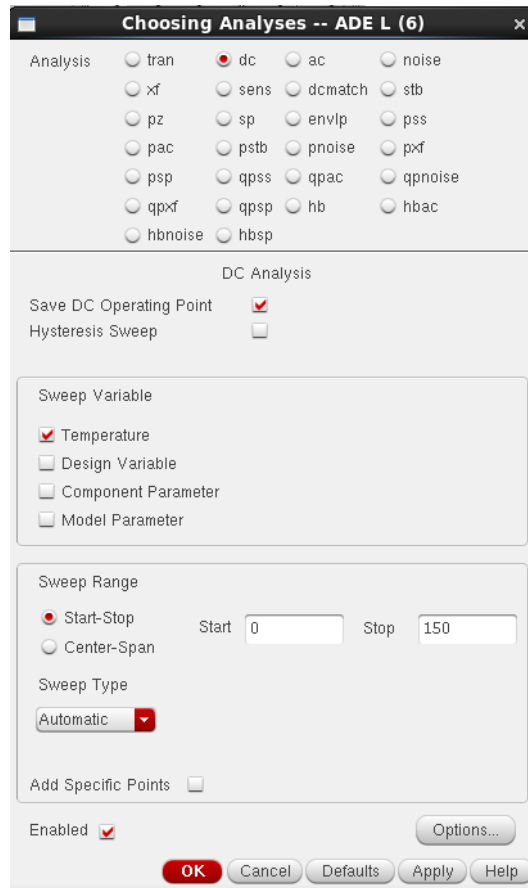
Коло за тестирање функционалности моделованог температурно зависног отпорника дато је на слици 3.1. Вредности параметара су  $R_0=1000\Omega$  и  $\alpha = 0.01$ . Генератор напона је подешен као што је то дато на слици 3.2. Потребно је покренути ADE L и подесити DC анализу као што је то приказано на слици 3.3. где мењамо температуру у опсегу од 0 до 150°C. Изглед ADE L прозора дат је на слици 3.4. Након покретања симулације потребно је приказати отпорност отпорника у зависности од температуре. Резултат симулације дат је на слици 3.5.



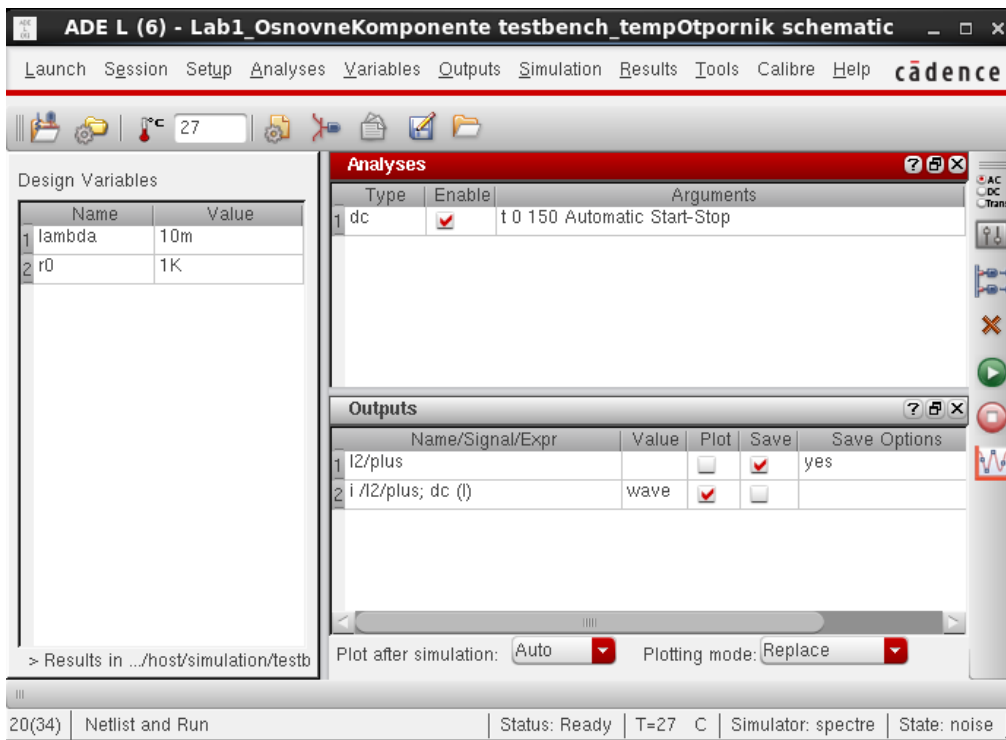
Слика 3.1. Коло за тестирање функционалности температурно зависног отпорника.



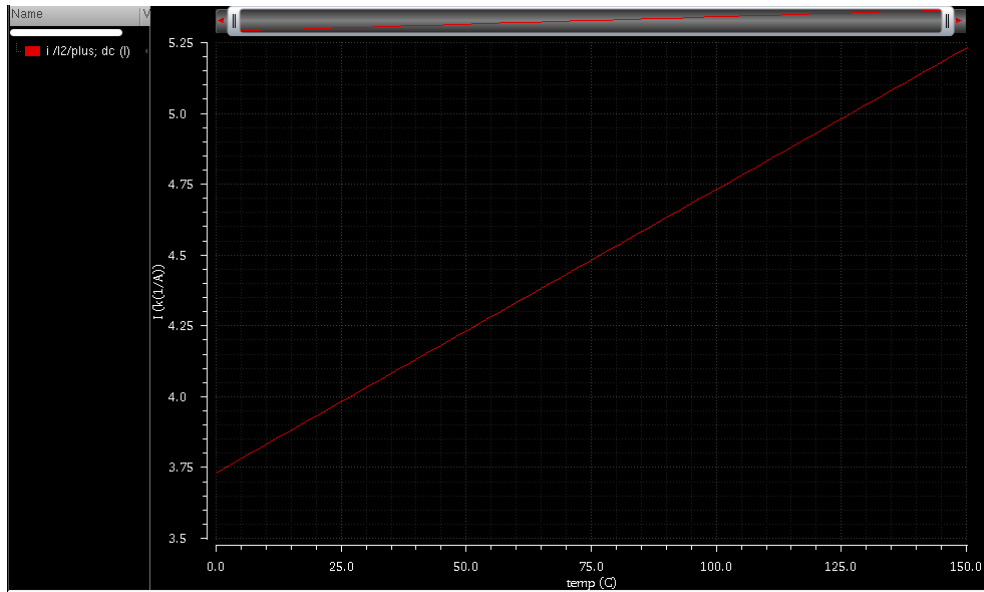
Слика 3.2. Подешавање напонског генератора.



Слика 3.3. Подешавање DC анализе.



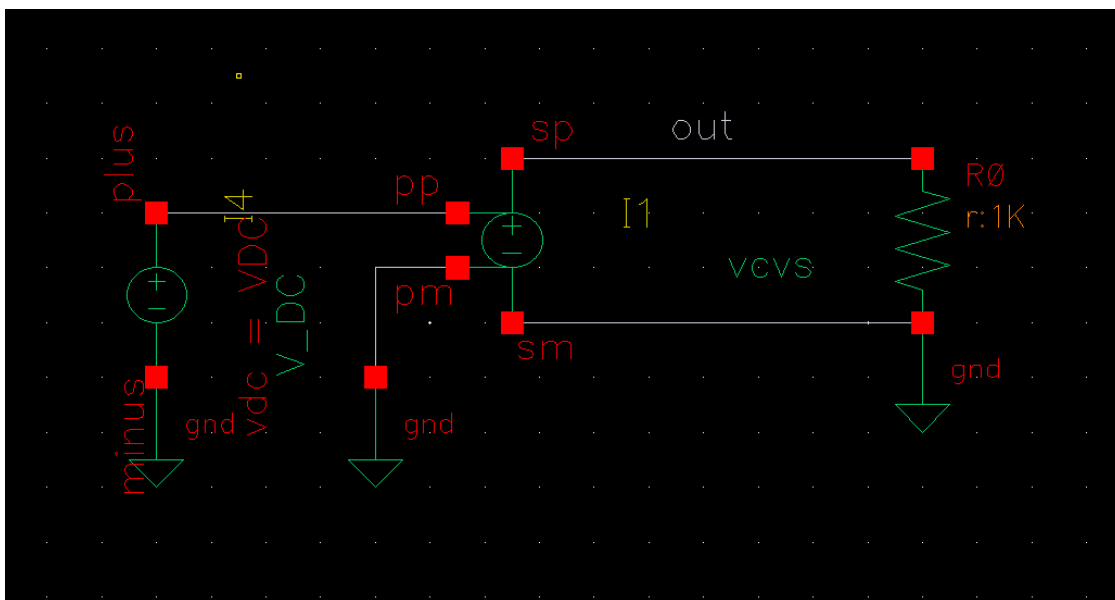
Слика 3.4. Изглед ADE L прозора.



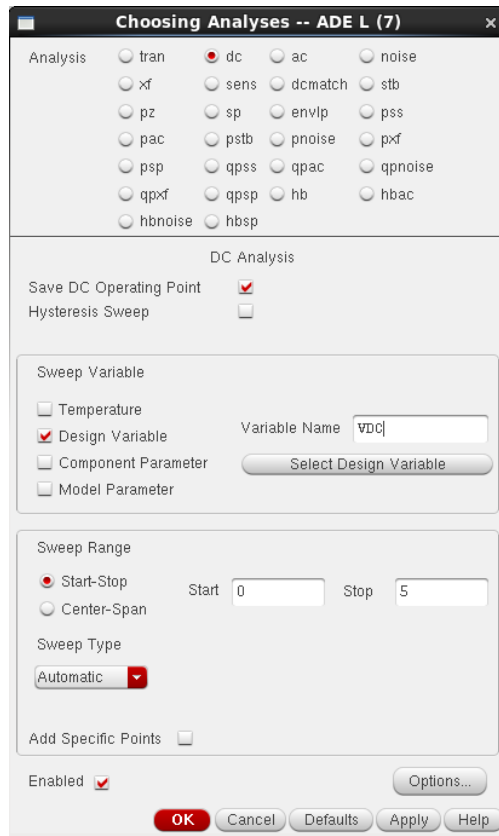
Слика 3.5. Отпорност отпорника у зависности од температуре.

#### 4. Струјни и напонски генератори

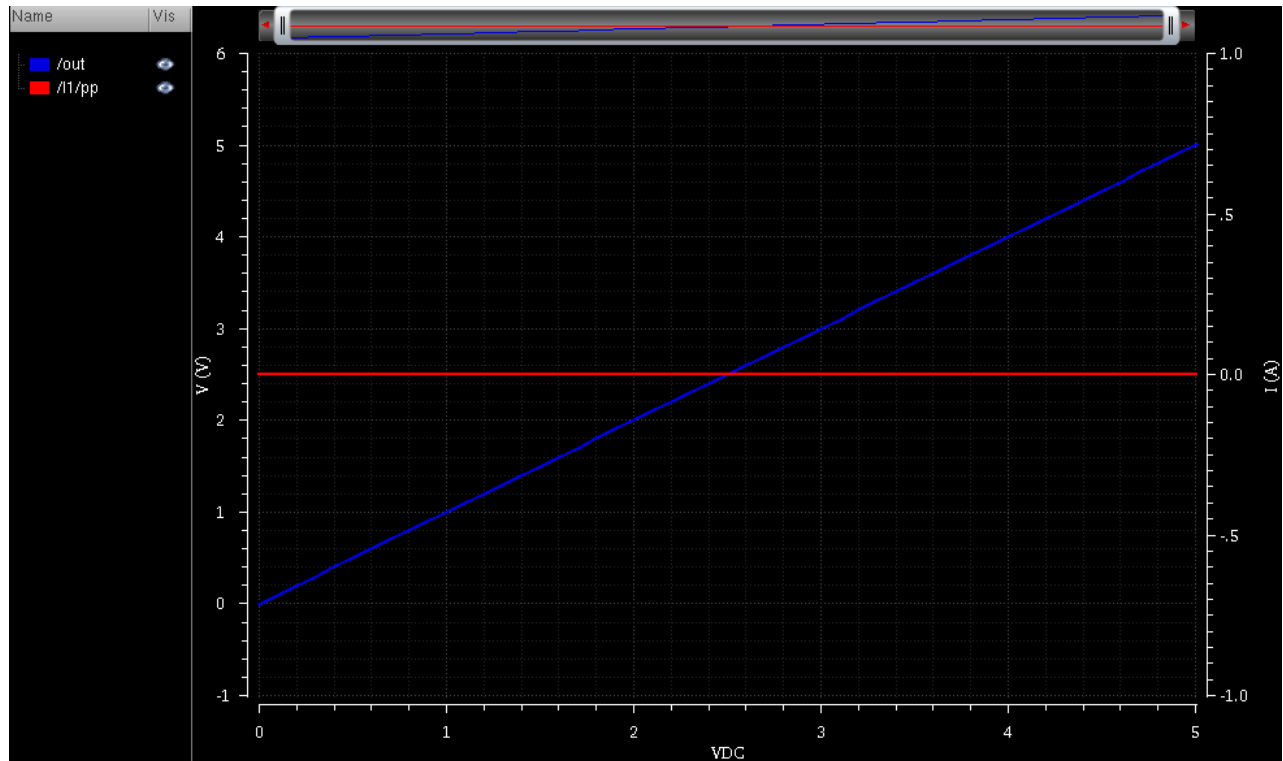
За тестирање функционалности напонског и напонско контролисаног напонског извора потребно је направити шему као што је то приказано на слици 4.1. Вредност напона нашег напонског извора је VDC и ову вредност ћемо мењати у DC анализи. Подешавање DC анализе је дато на слици 4.2. На слици 4.3. је приказана струја чвора pp и напон out.



Слика 4.1. Шема за тестирање функционалности напонског и напонско контролисаног напонског извора.

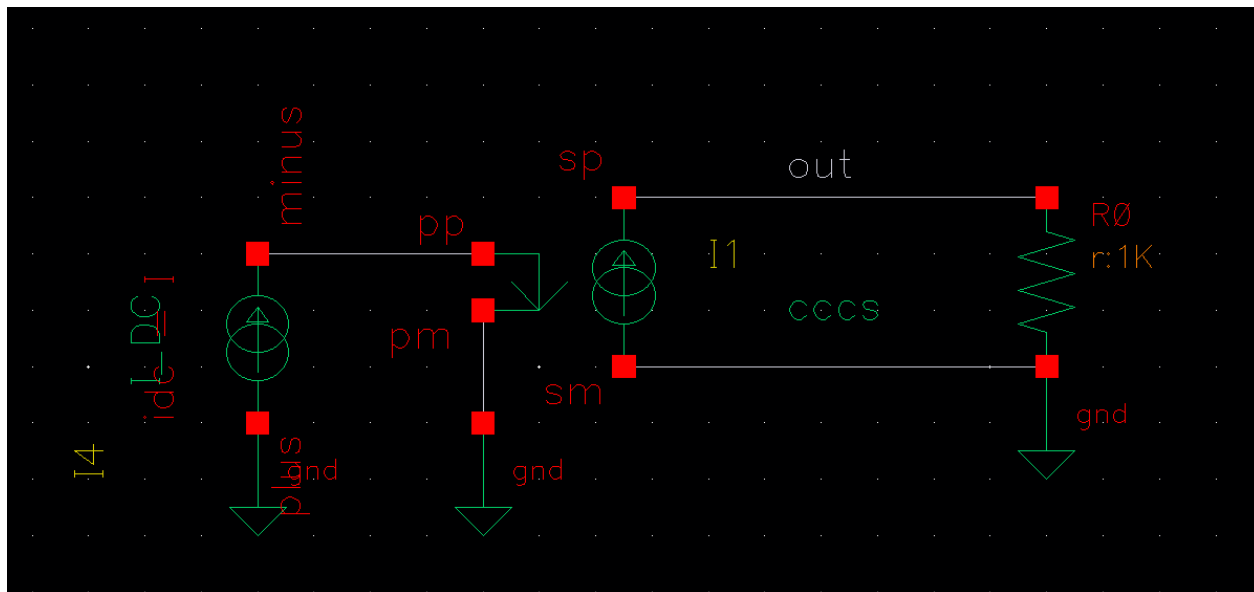


Слика 4.2. Подешавање DC анализе.

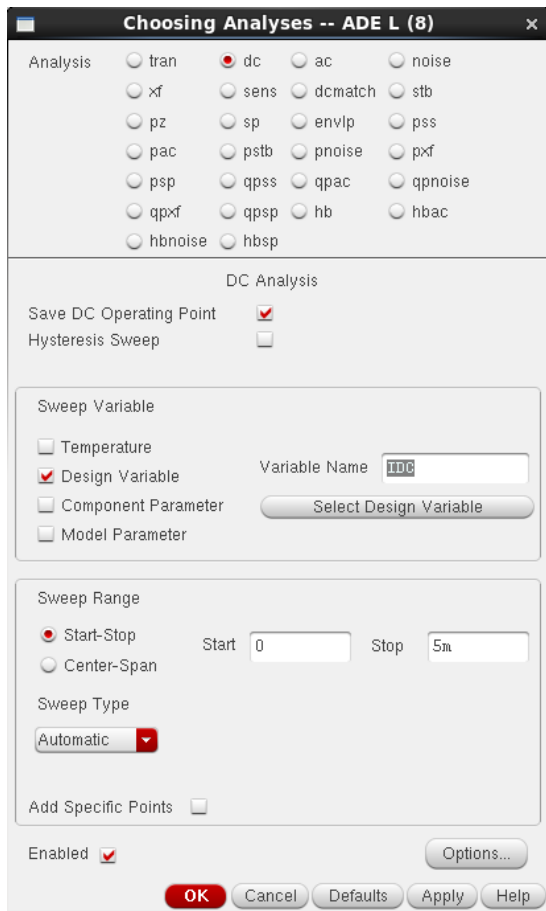


Слика 4.3. Напон на излазу напонски контролисаног напонског извора његова улазна струја.

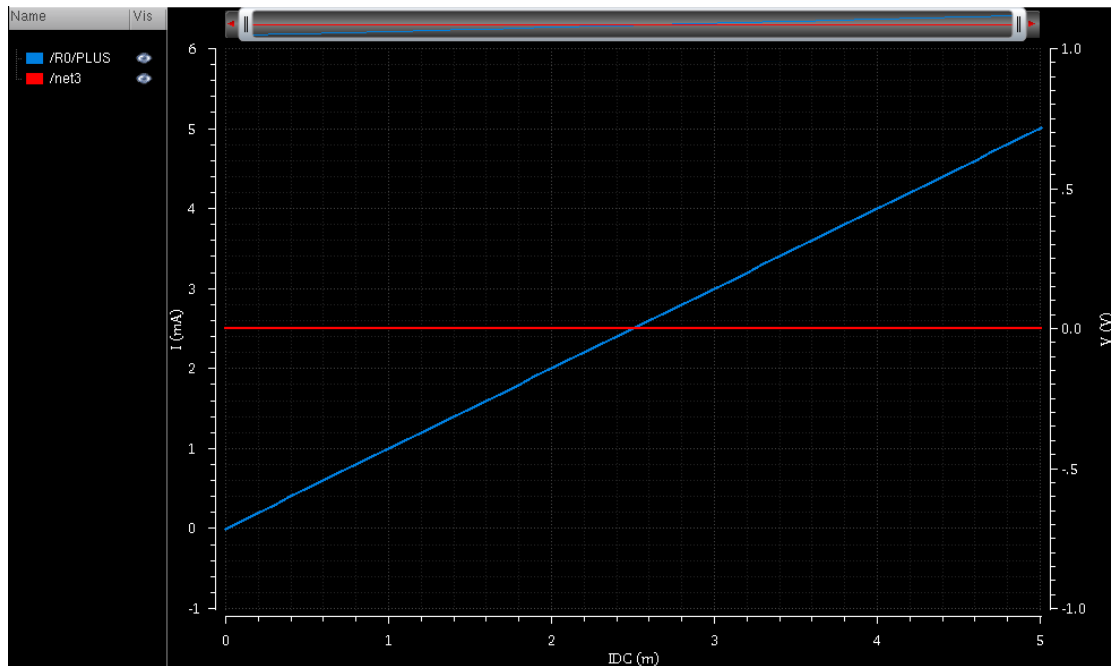
За тестирање функционалности струјног и струјно контролисаног струјног извора потребно је направити шему као што је то приказано на слици 4.4. Вредност струје струјног извора је IDC и ову вредност ћемо мењати у DC анализи. Подешавање DC анализе је дато на слици 4.5. На слици 4.6. је приказан напон на улазу струјно контролисаног струјног извора и струја на његовом излазу.



Слика 4.4. Шема за проверу функционалности струјног и струјно контролисаног струјног извора.



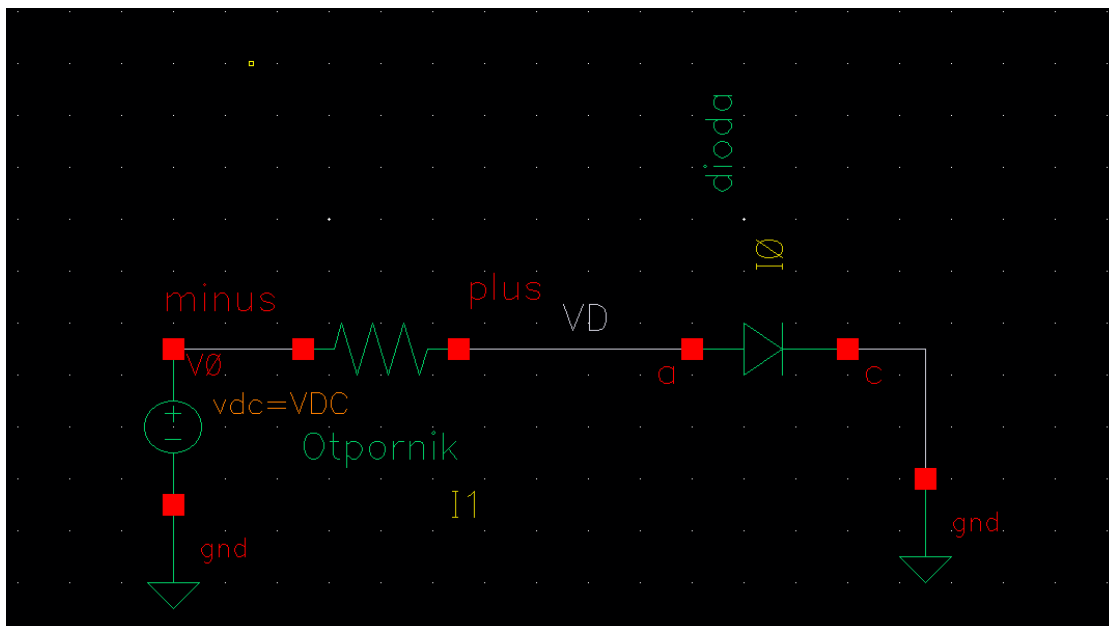
Слика 4.5. Подешавање DC анализе.



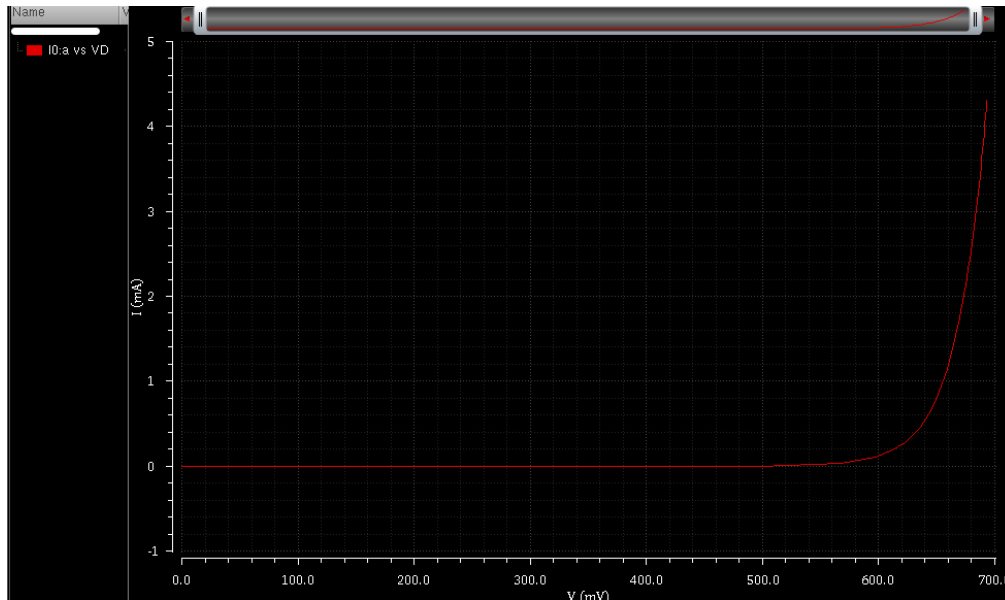
Слика 4.6. Напон на улазу струјно контролисаног струјног извора и његова излазна струја.

## 5. Нелинеарна диода

Коло за проверу функционалности моделоване диоде дато је на слици 5.1. Отпорник има вредност од  $1000\Omega$  док напонски извор има DC вредност  $V_{DC}$ . DC анализу је потребно наместити као на слици 4.2. и потребно је посматрати струју и напон диоде. Зависност струје од напона диоде дата је на слици 5.2.



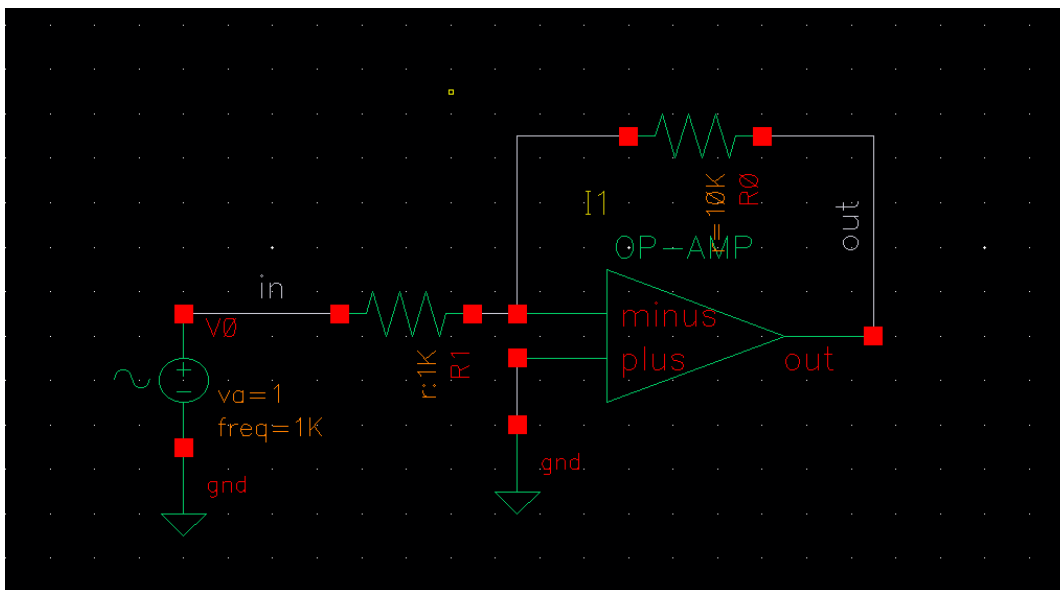
Слика 5.1. Шема за проверу функционалности моделоване диоде.



Слика 5.2. Зависност струје диоде од напона на диоди.

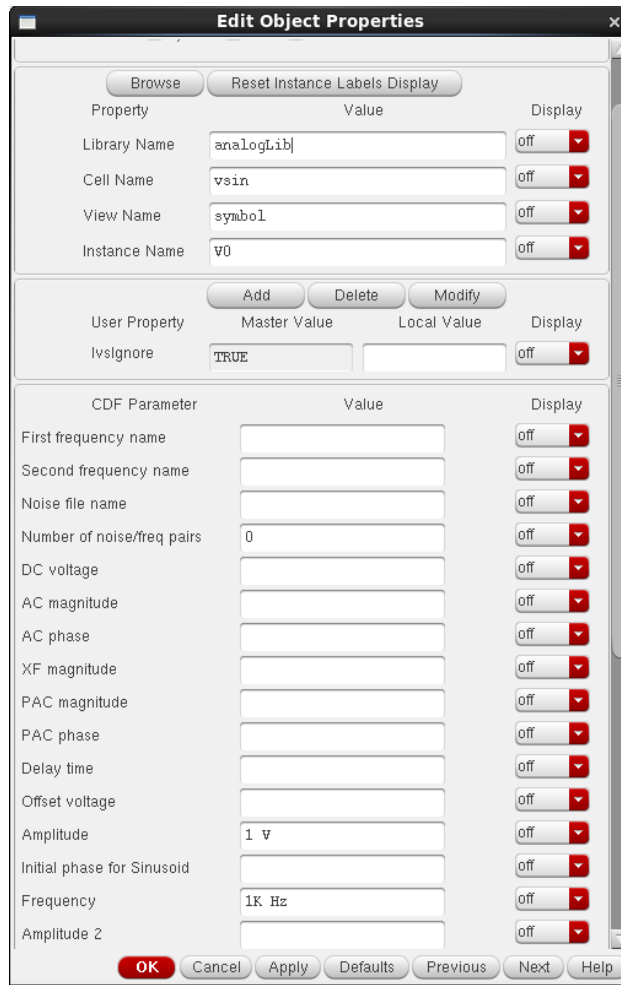
## 6. Операциони појачавач

Шема за проверу функционалности операционог појачавача дата је на слици 6.1. Отпорник R1 има вредност од  $1000\Omega$  док отпорник R2 има вредност од  $10\,000\Omega$ . Подешавање генератора наизменичног напона дата је на слици 6.2. Подешавање tran анализе дата је на слици 6.3. Док су излазни и улазни напон дати на слици 6.4.

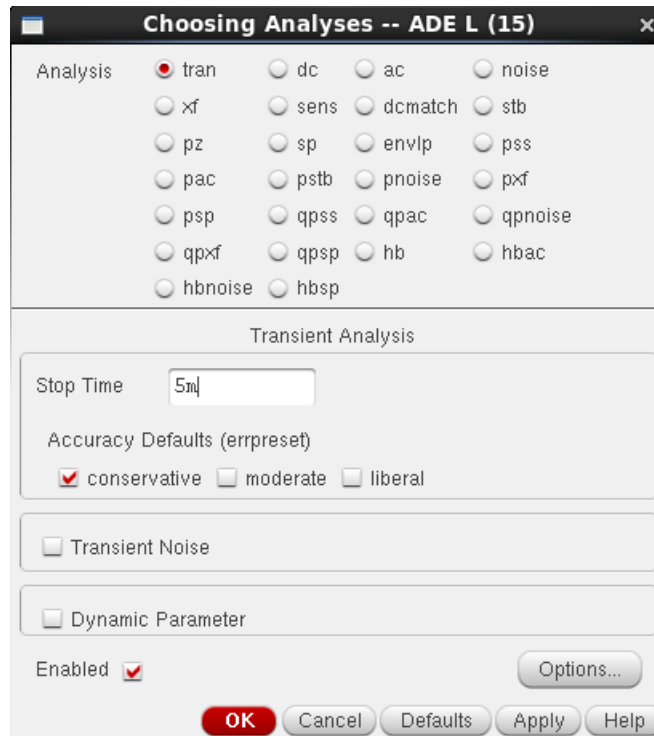


Слика 6.1. Шема за тестирање функционалност операционог појачавача.

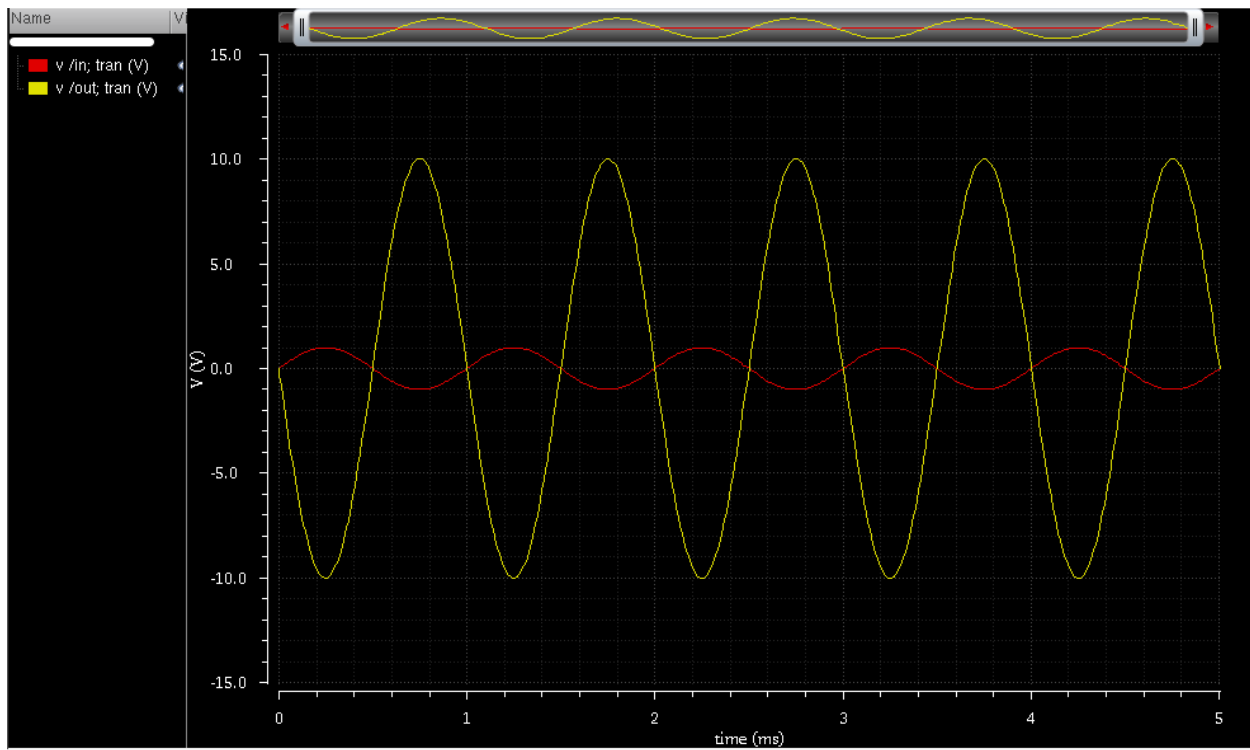




Слика 6.2. Подешавање генератора наизменичног сигнала.



Слика 6.3. Подешавање анализе.



Слика 6.4. Напон на излазу и улазу операционог појачавача.