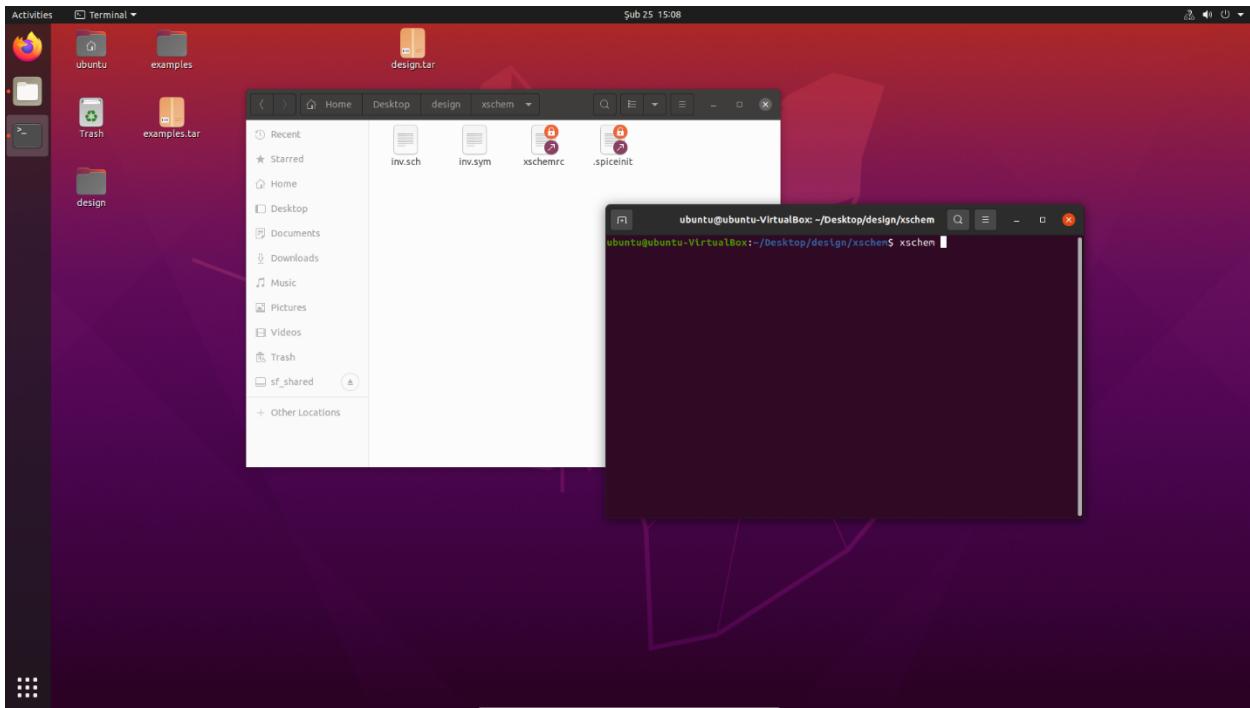


**TÜTEL**

Tümdevre Tasarım ve Eğitim Laboratuvarı

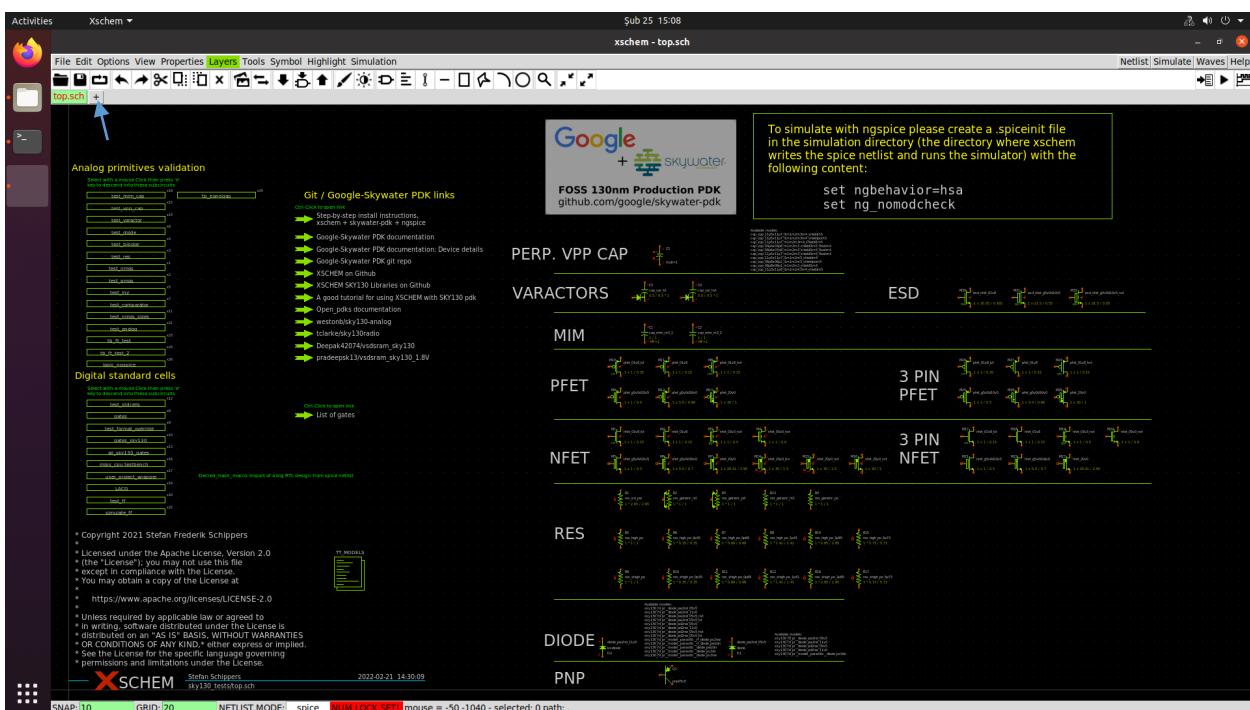
SkyWater SKY130 Teknolojisi Inverter Simülasyonu

**“Design->xschem”** klasörüne girilir. **“Sağ tık”** yardımıyla terminal açılır ve açılan terminal penceresinde **“xschem”** yazılır ve **“enter”** tuşuyla program çalıştırılır.

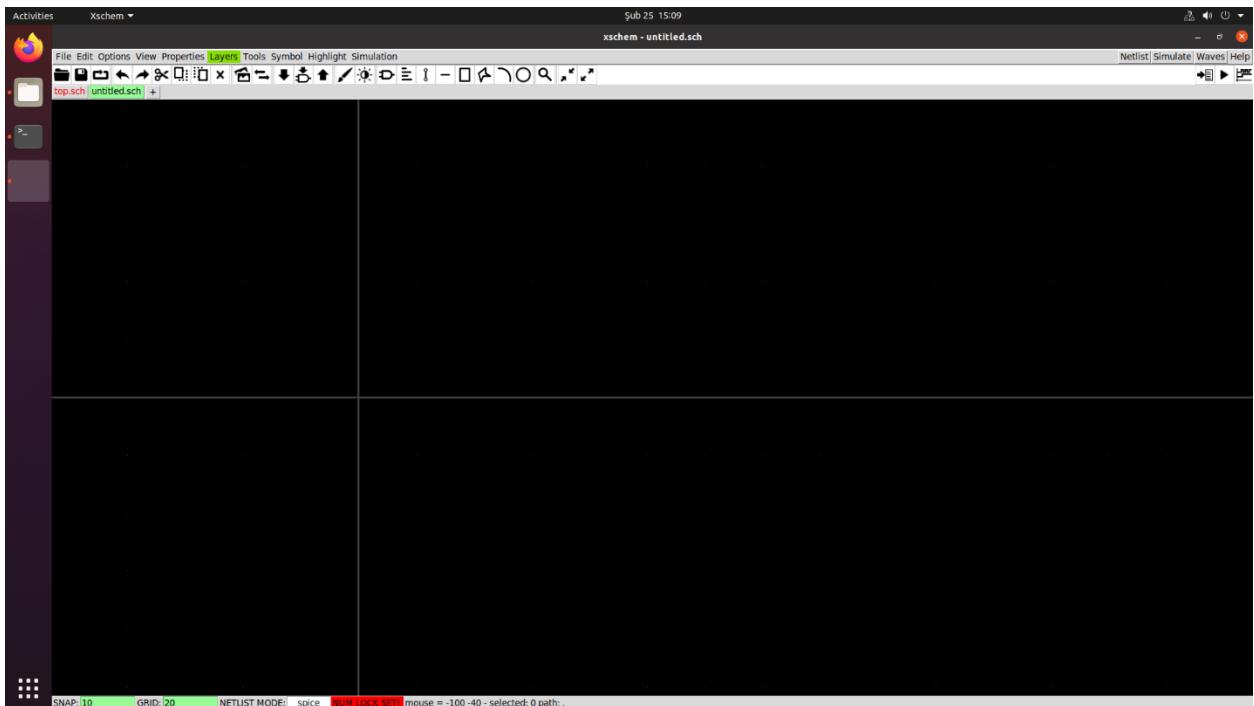


Program açıldığında aşağıdaki gibi açılmalıdır. Aksi halde programın çalıştırıldığı dizinde veya kütüphane kurulumunda hata vardır.

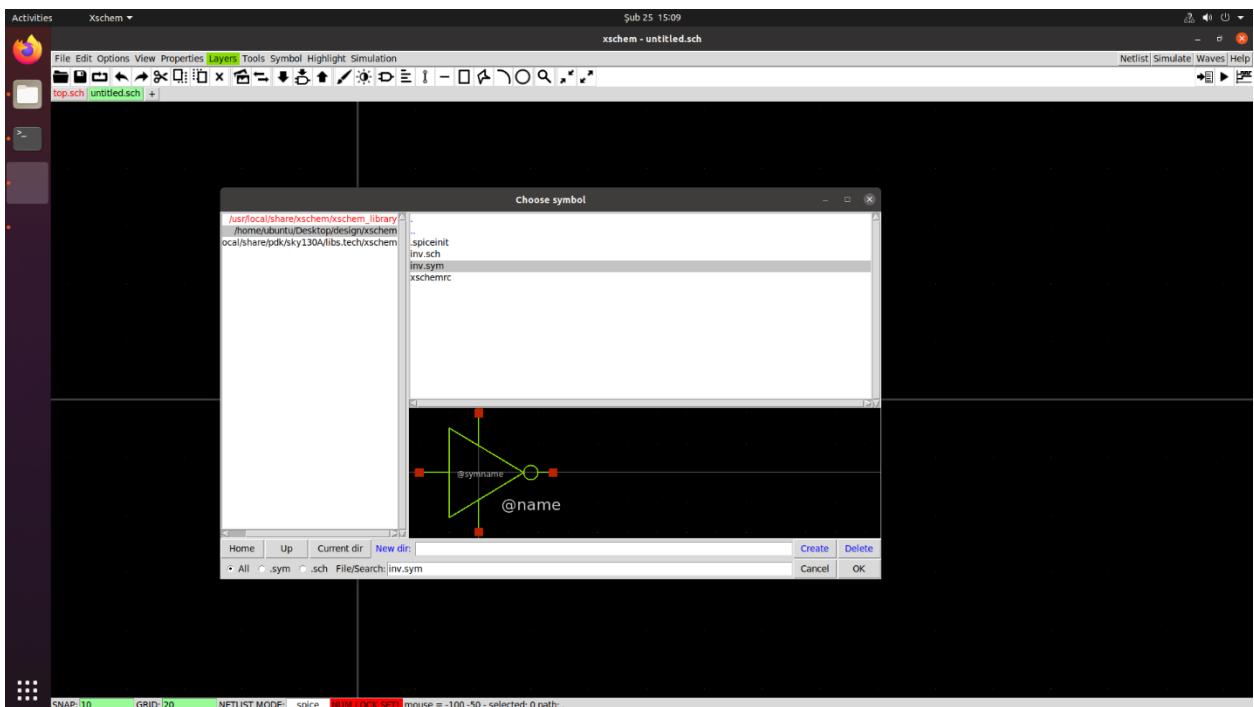
**“+”** simgesine tıklanır ve yeni sekme açılır.



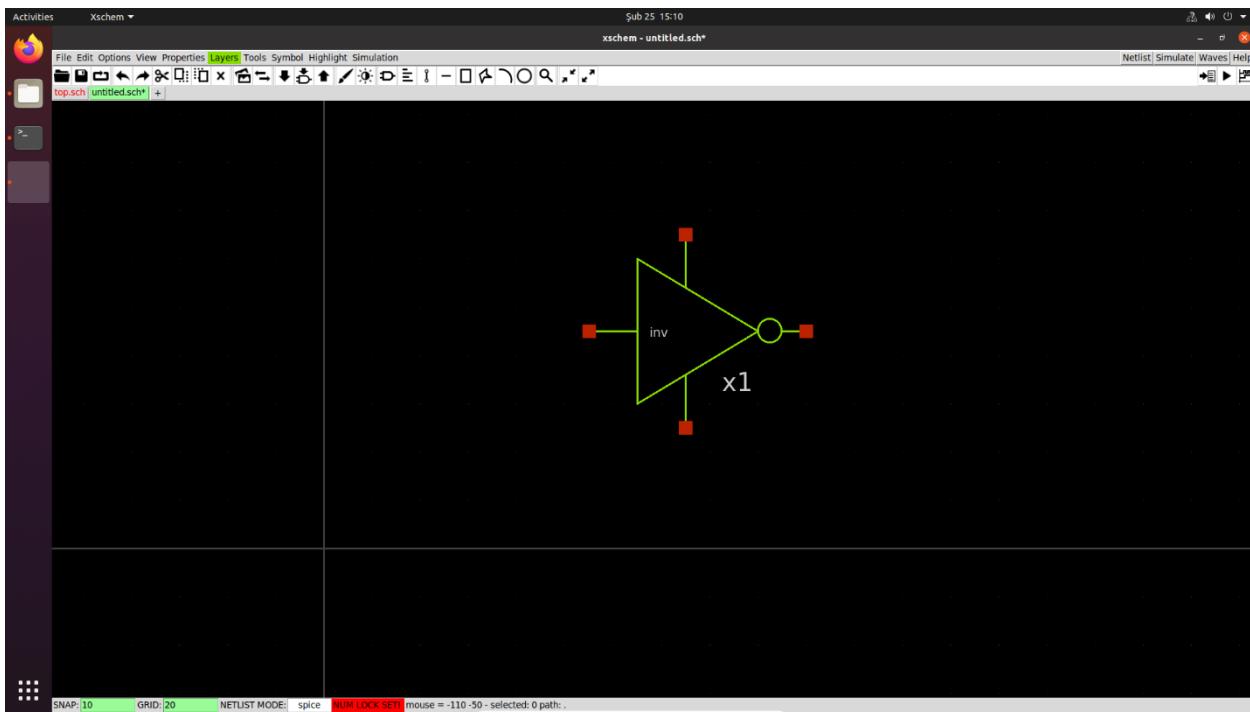
Açılan sekme aşağıdaki gibi görünür.



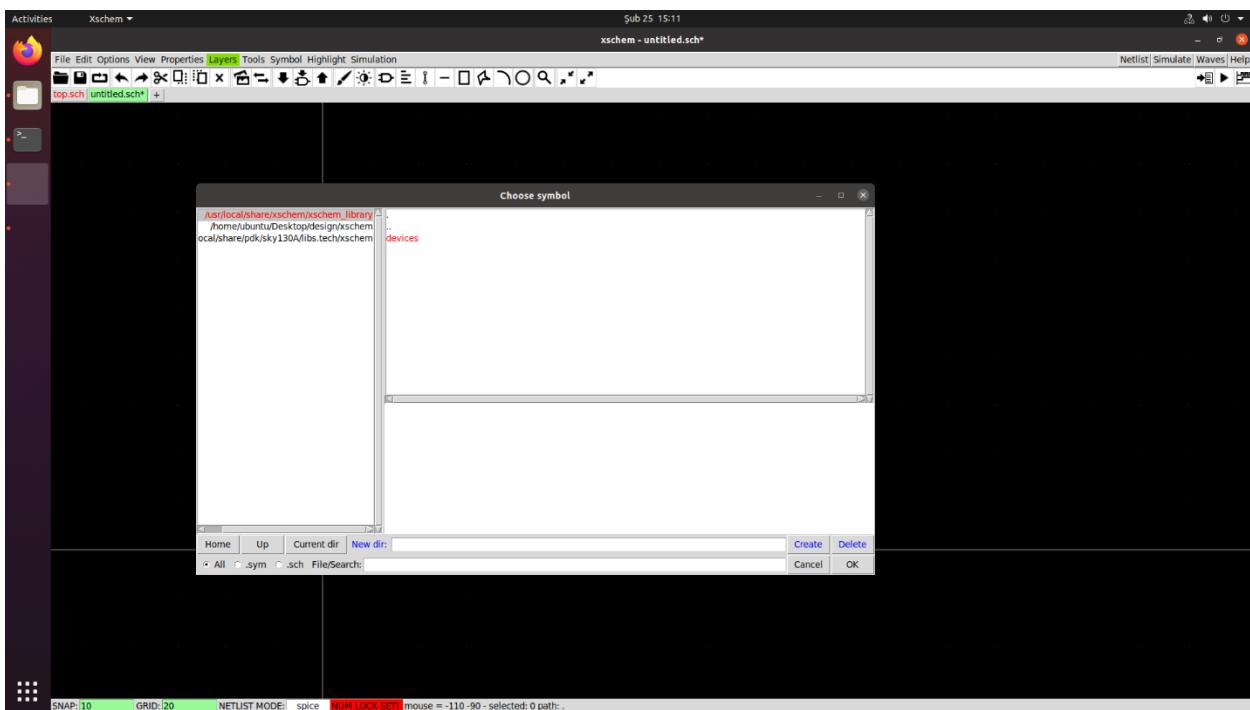
“shift+i” ile simbol ekleme menüsü açılır. Açılan menüde sol taraftan çalışma yapılan dizin seçilir. Sağ tarafta “inv.sym” seçilir. Sağ altta bulunan “OK” simbolüne tıklanarak seçilen simbol şematiğe eklenir.



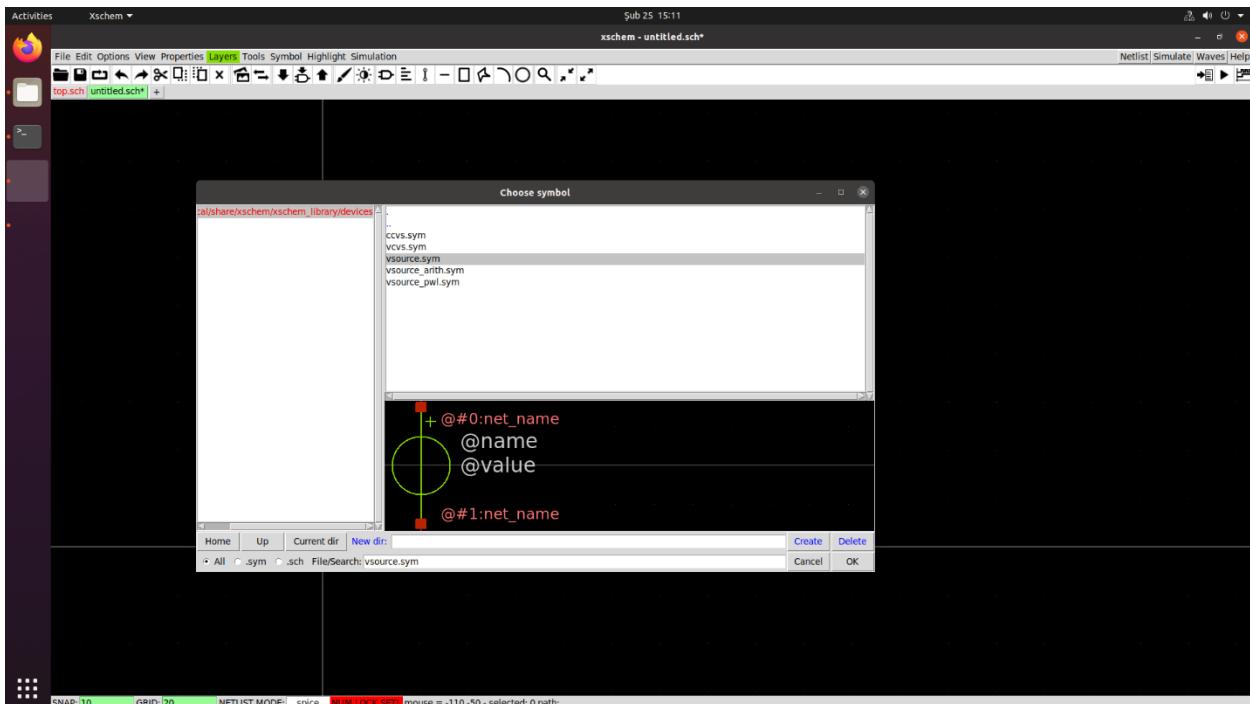
Eklenen simbol aşağıdaki gibi görünür.



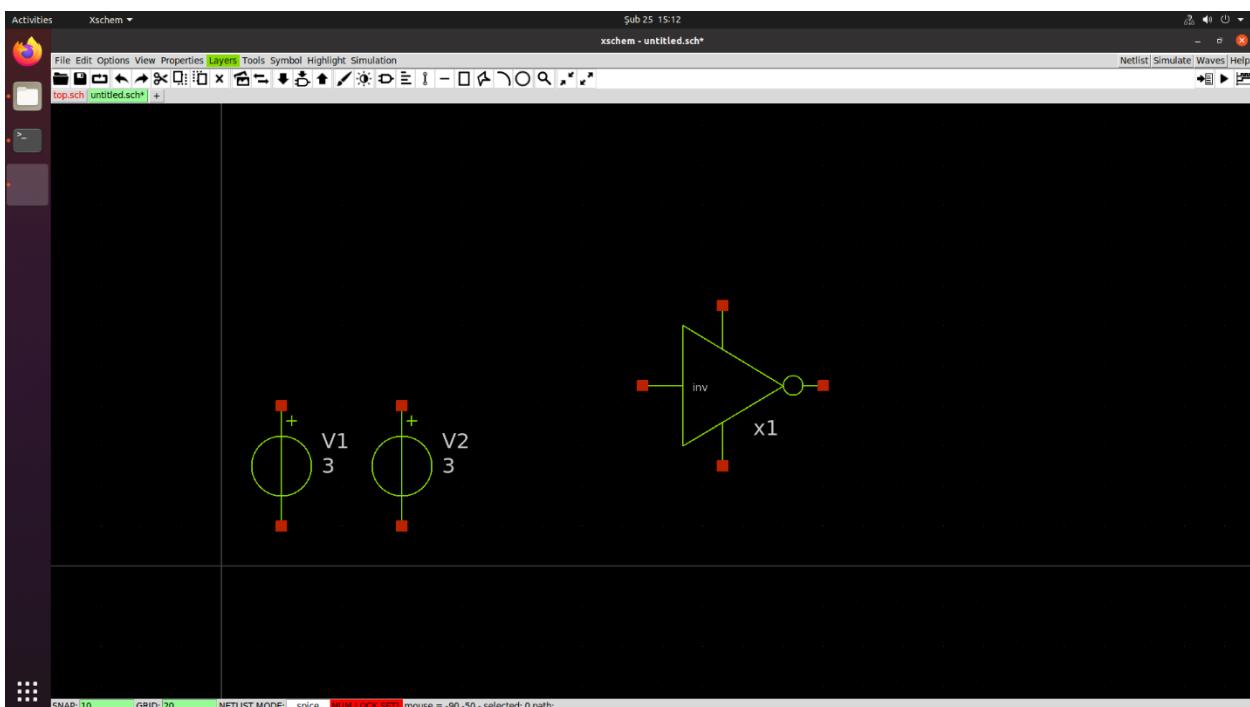
“inv.sym” eklendikten sonra “shift+i” ile simbol ekleme menüsü açılır. Sol taraftan “xschem\_library” seçilir ve sağ tarafta bulunan “devices” üzerine tıklanır.



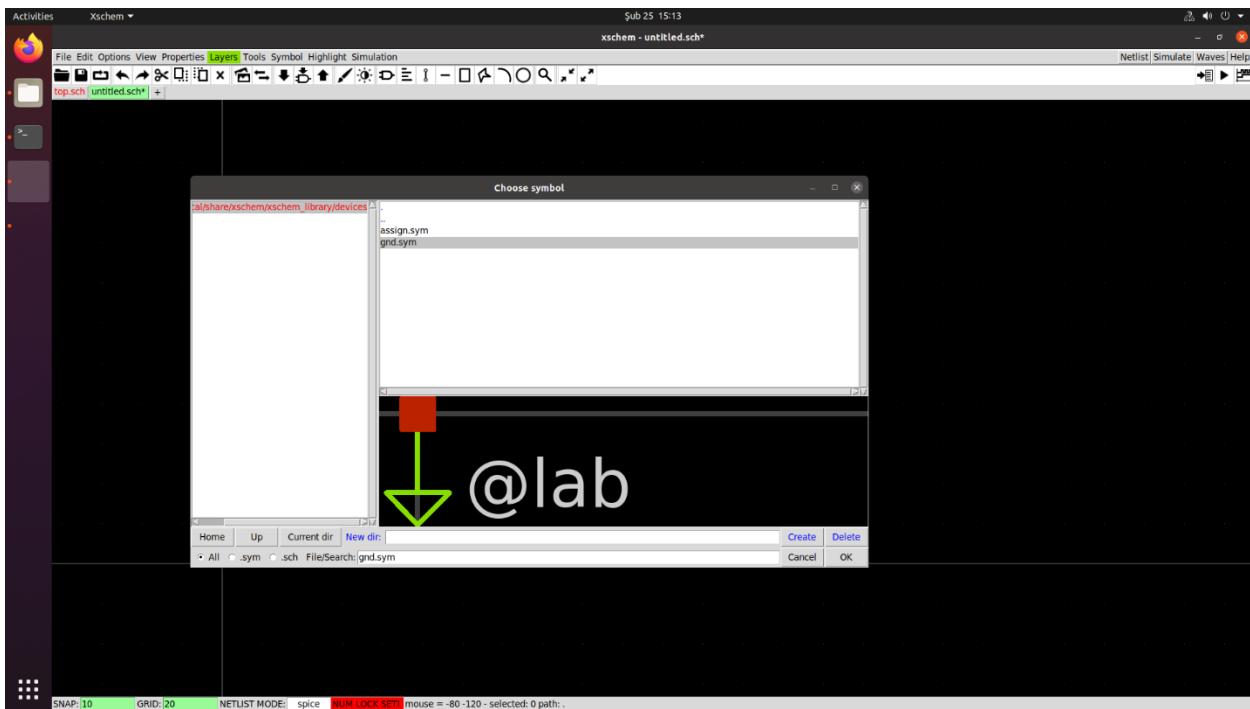
Açılan menüde alta bulunan “File/Search” bölümüne “vs” yazılır ve yukarıdan “vsource.sym” seçilir.



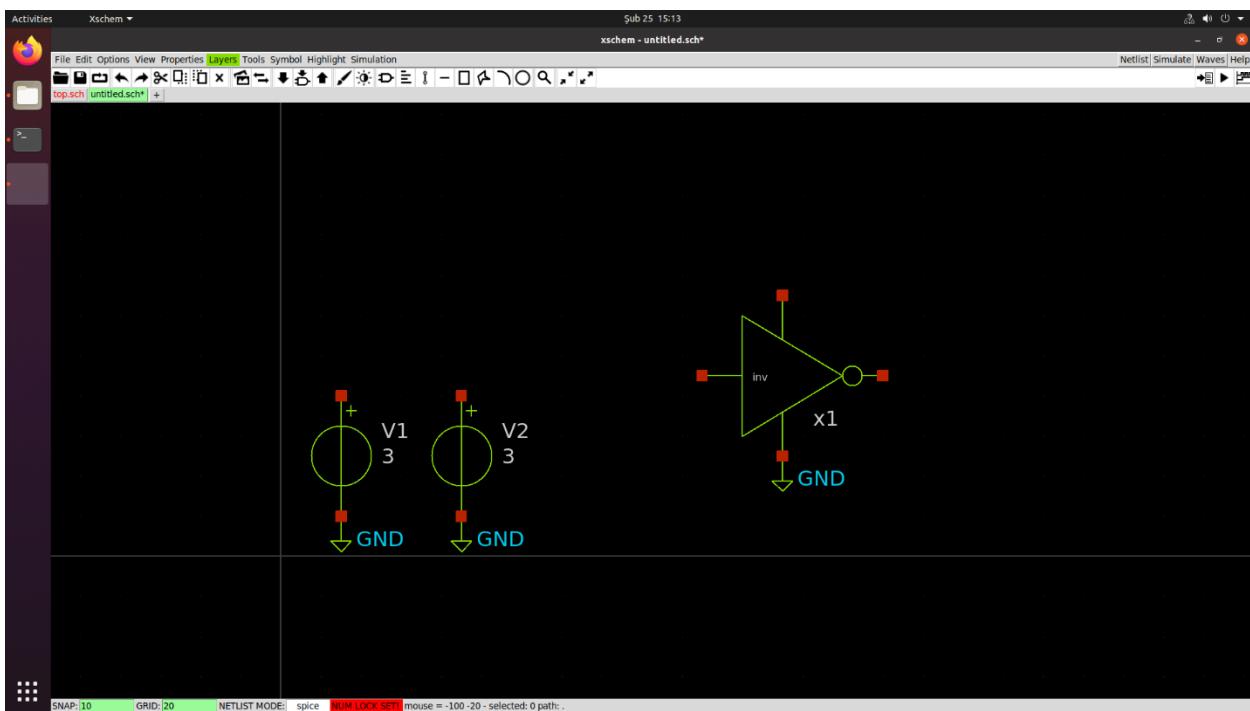
Aşağıdaki gibi iki tane “vsource” eklenir.



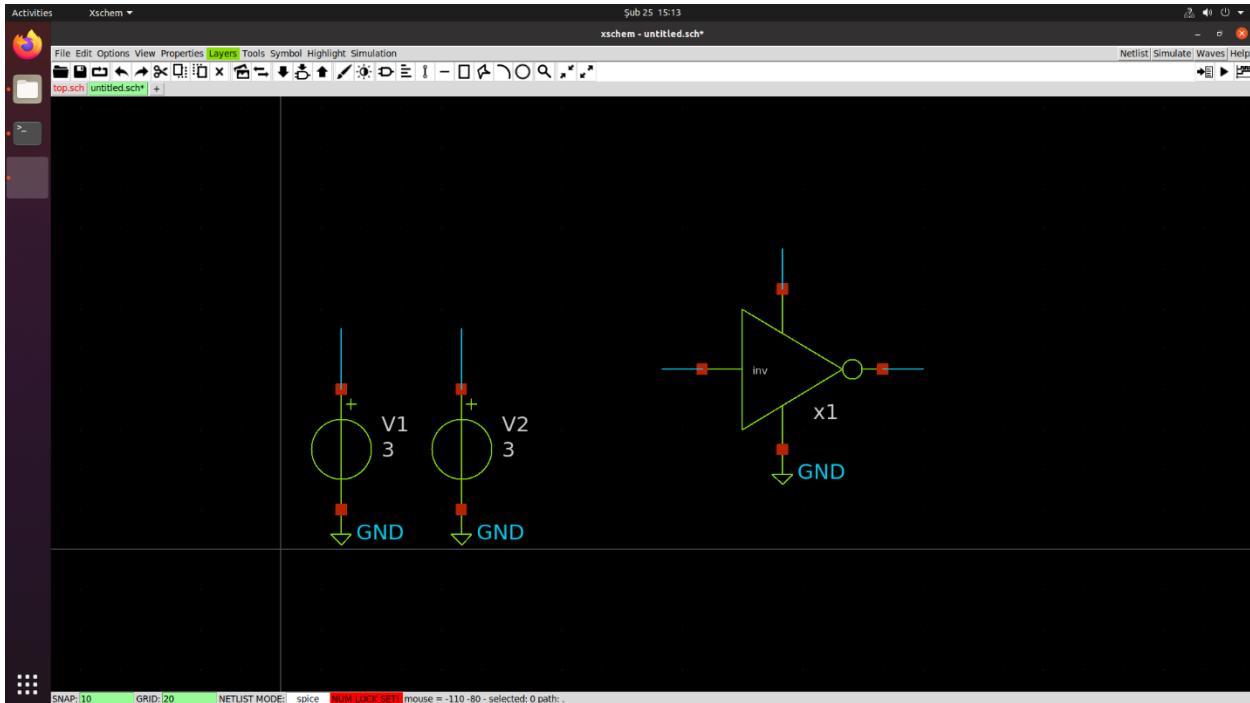
“vsource” eklendikten sonra “gnd” eklenir.



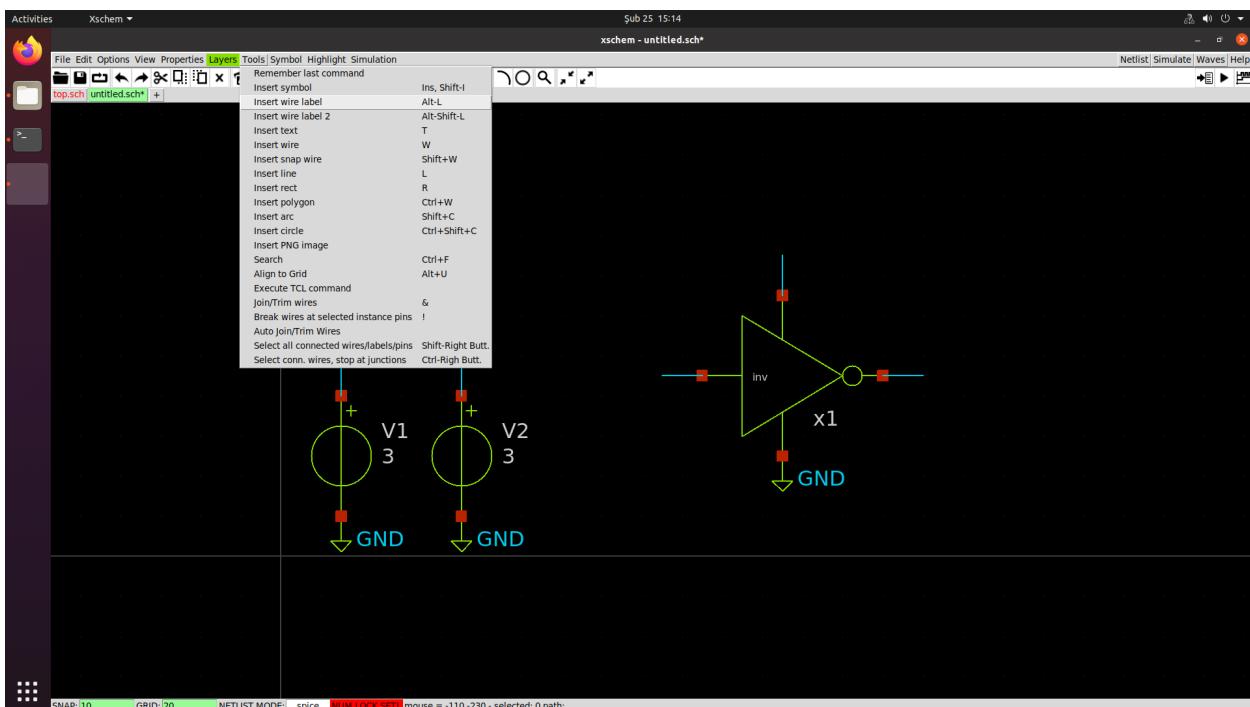
Ekelen "gnd"ler aşağıda gösterildiği gibi yerleştirilir.



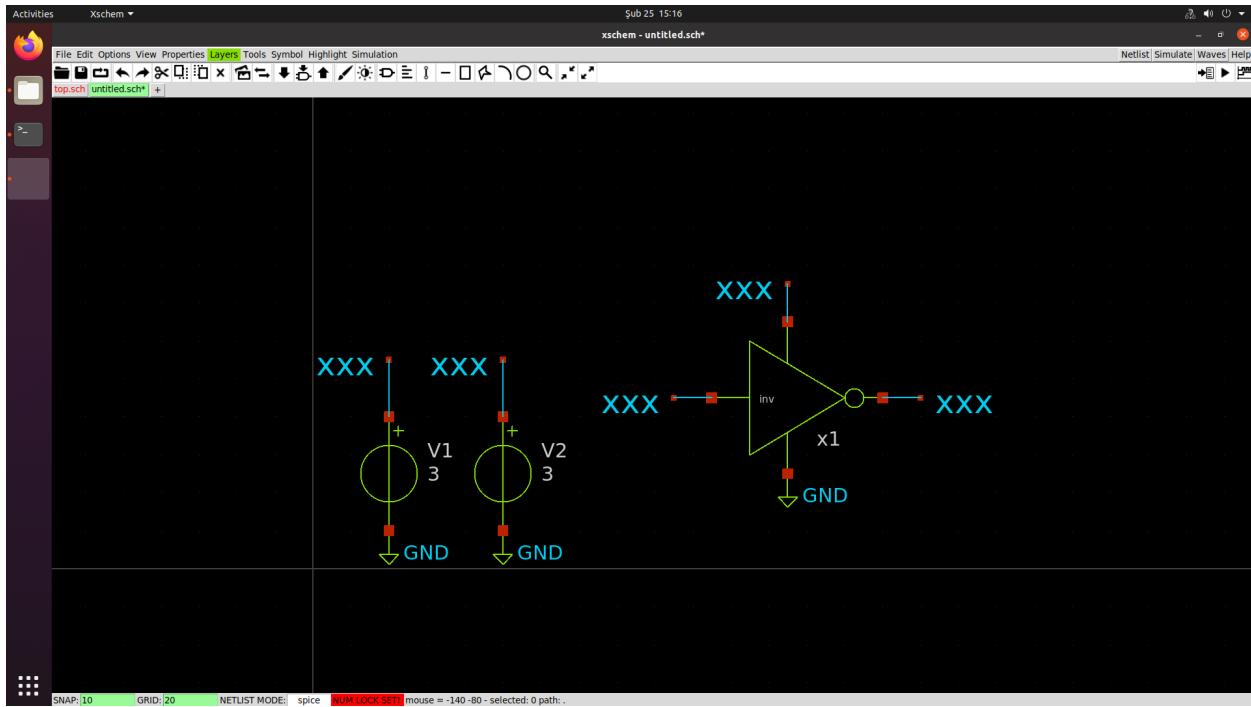
“**gnd**”ler yerleştirildikten sonra “**w**” tuşu ile kablo çizim moduna geçilir ve “**Sol tık**” ile aşağıdaki gibi kablolar çizilir.



“Tools->Insert wire label” ile “wire label” eklenir.

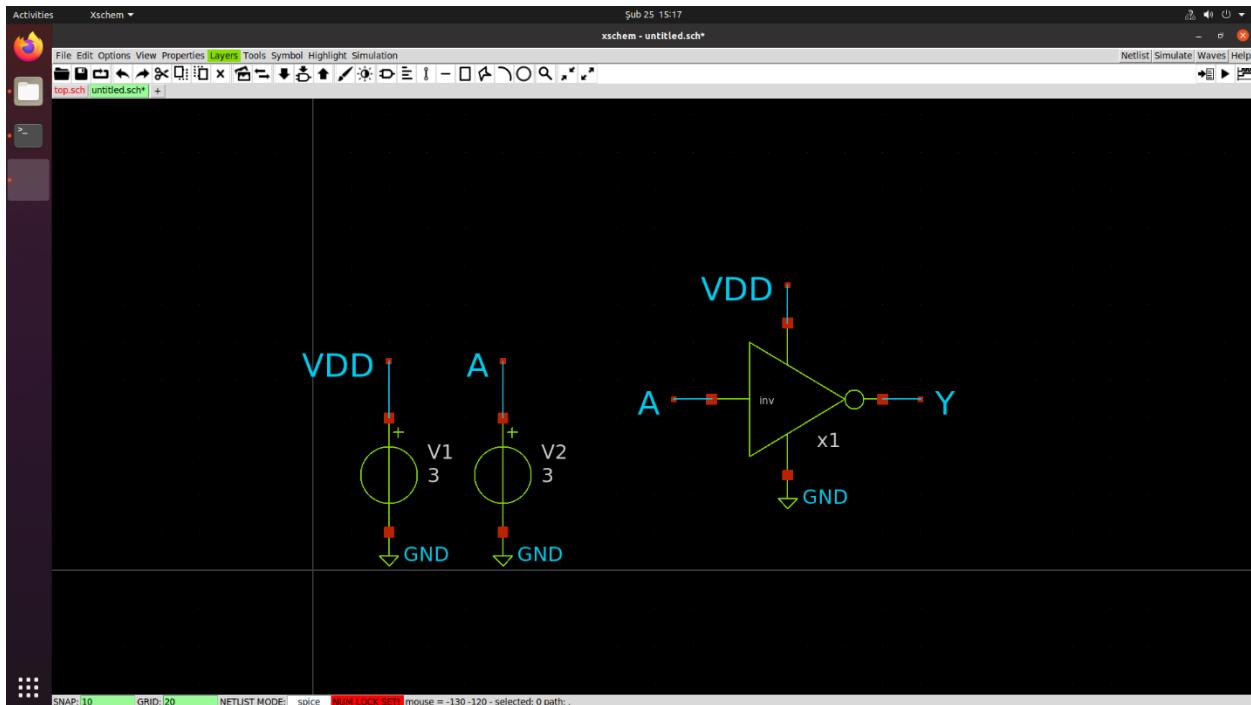


“Wire label” aşağıdaki gibi tüm kablolarla eklenir.

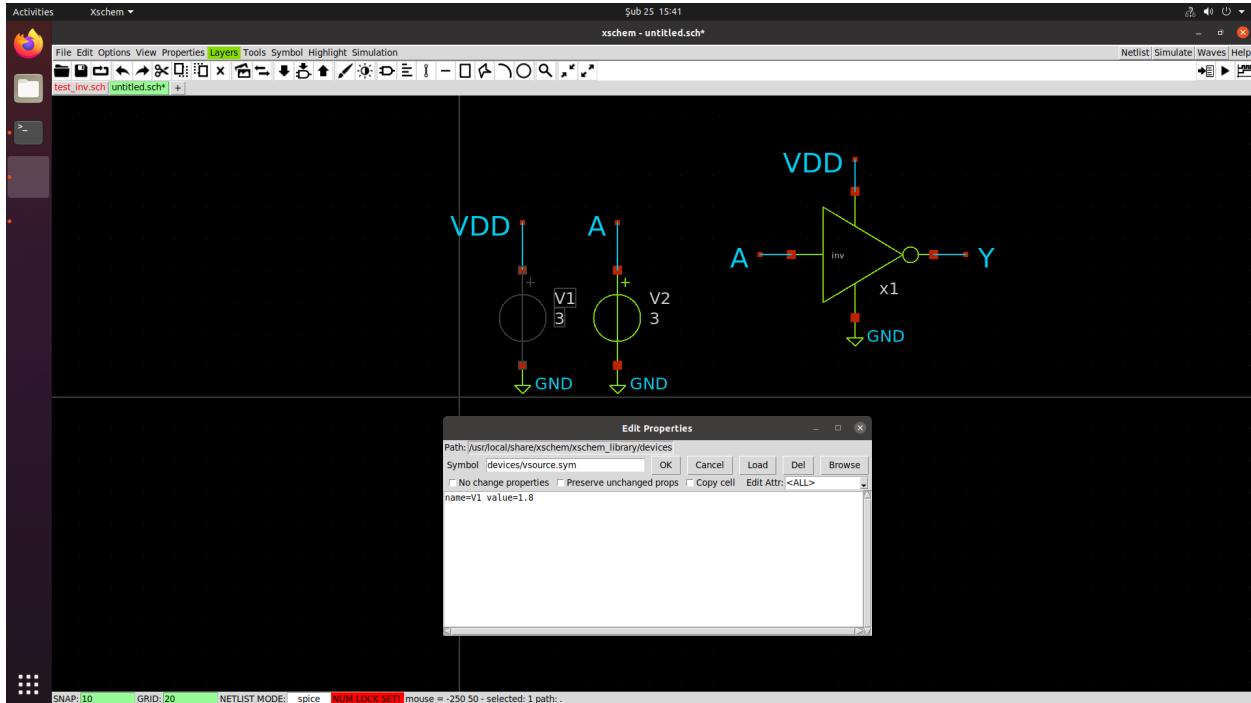


İsimlendirme yapmak için label seçilir ve “q” tuşuna basılır. “XXX” yazan yere istenilen isim yazılır.

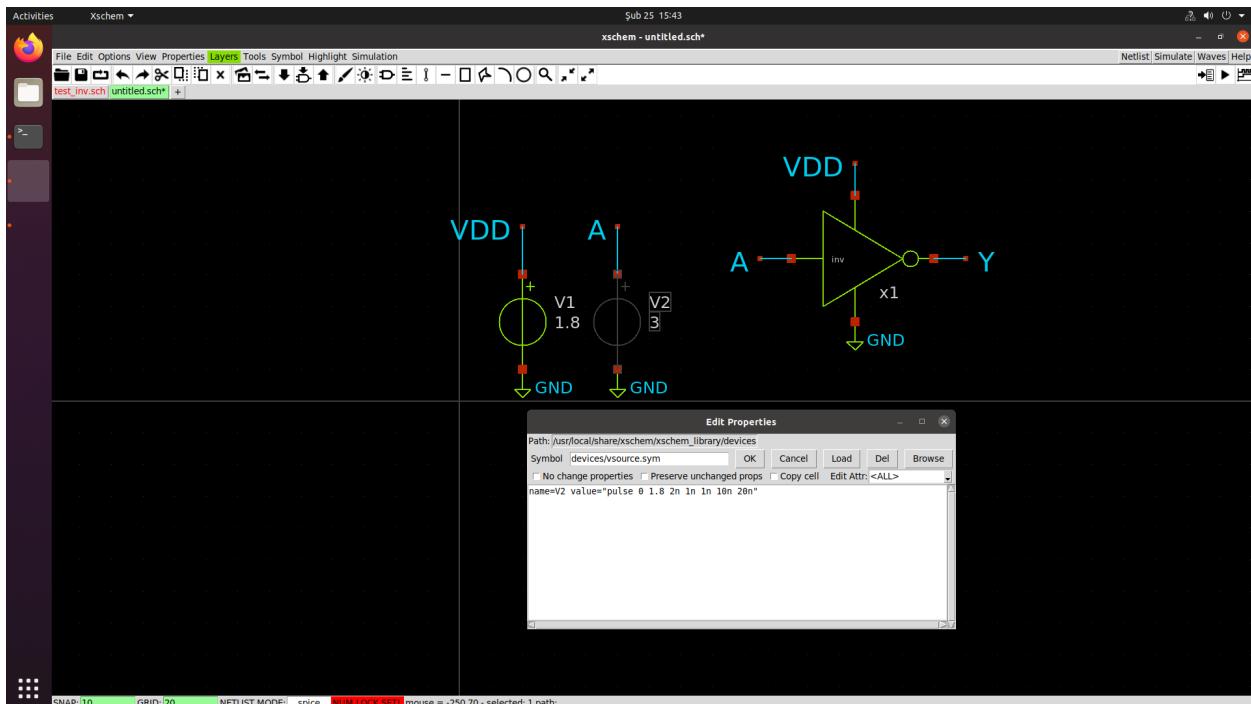
“wire label” isimlendirmeleri aşağıdaki gibi yapılır.



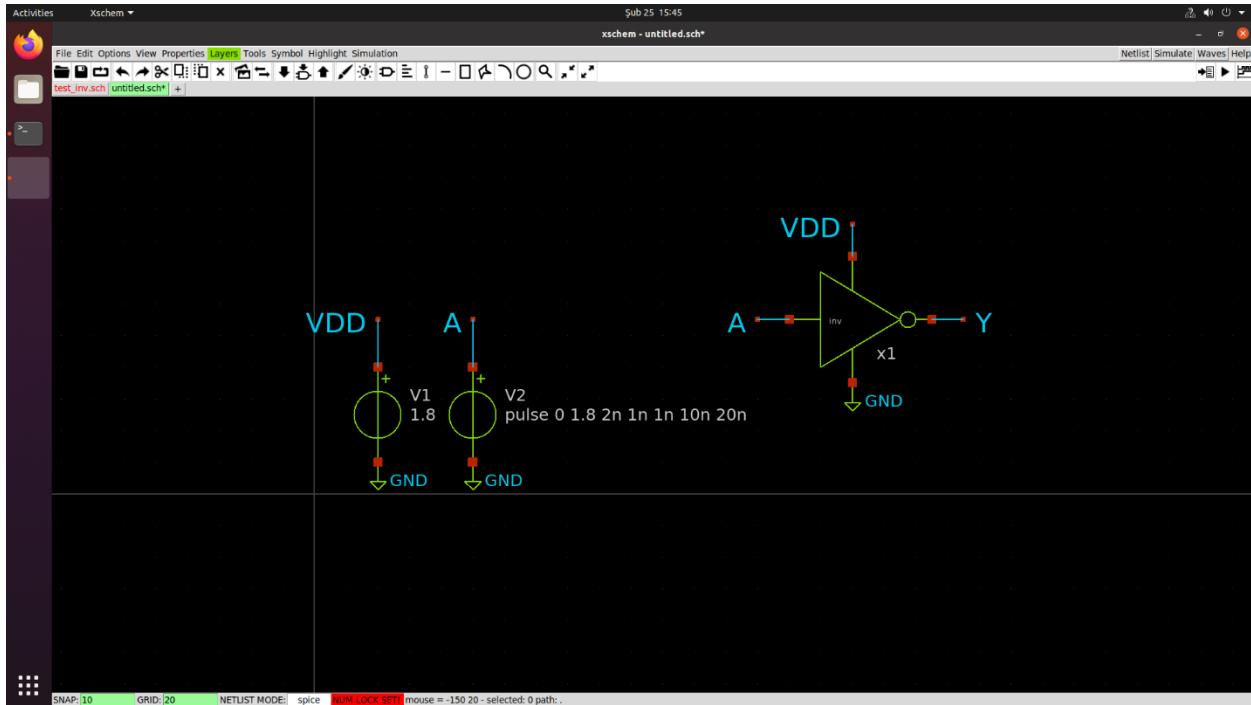
Simülasyon için “vsource” tanımlamalarının yapılması gereklidir. VDD’ye bağlı “vsource” seçilir ve “q” tuşuna basılır. Açılan pencerede 3 olan “value” değeri 1.8 seçilir. Bu devrenin DC besleme gerilimidir.



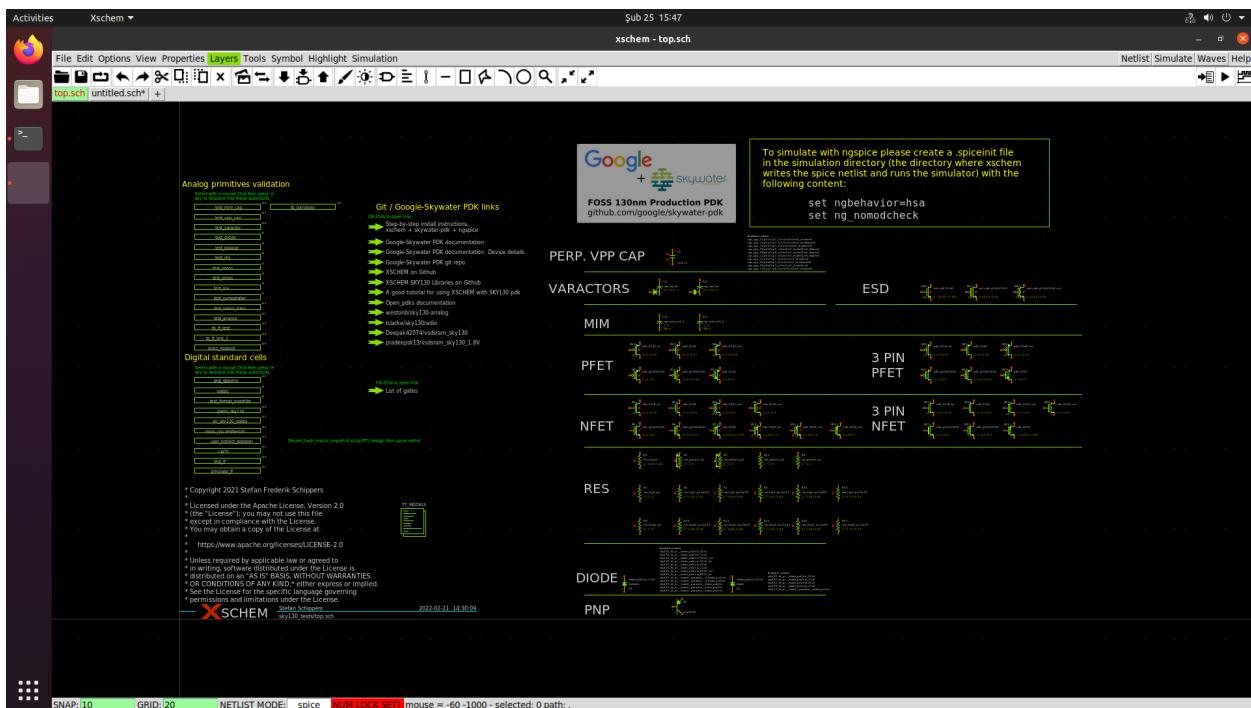
Bu uygulamada inverter testi yapabilmek girişe kare dalga uygulanmıştır. Bunun için A'ya bağlı kaynak tanımlaması aşağıdaki gibi yapılır. Kaynak tanımlamaları hakkında ngspice dokümanından yardım alınabilir.



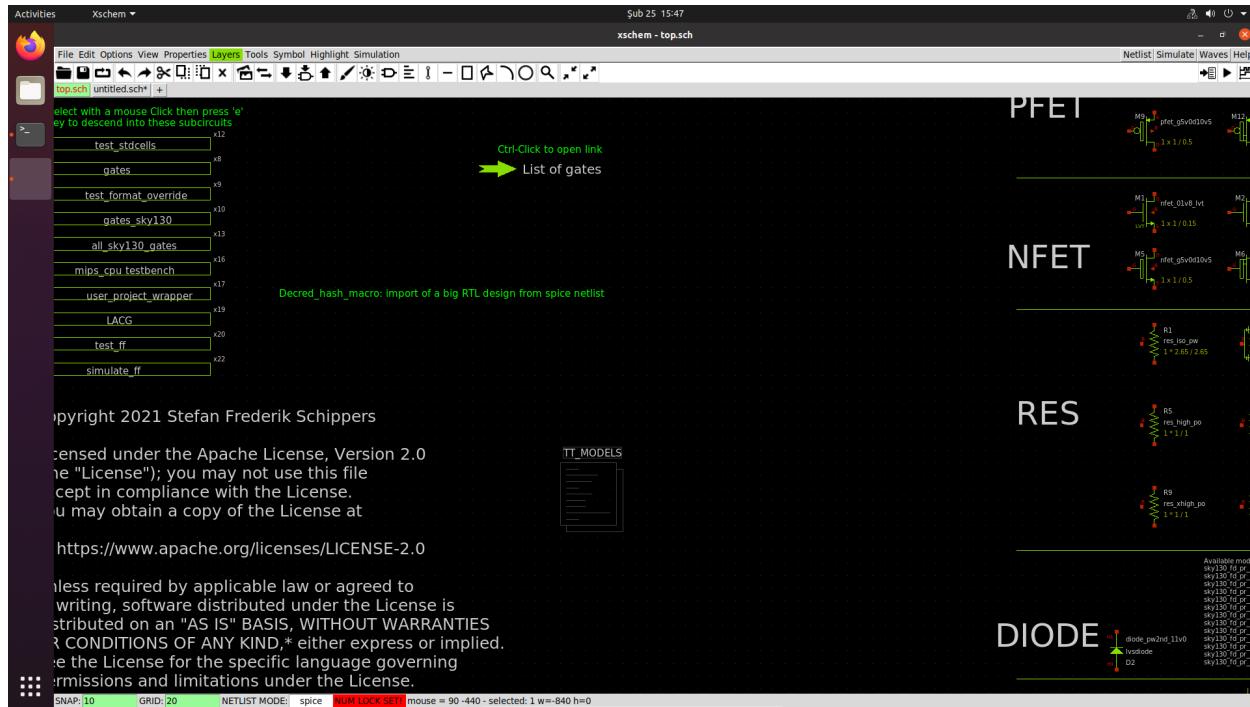
Kaynak tanımlamalarından sonra devre aşağıdaki gibi görünür.



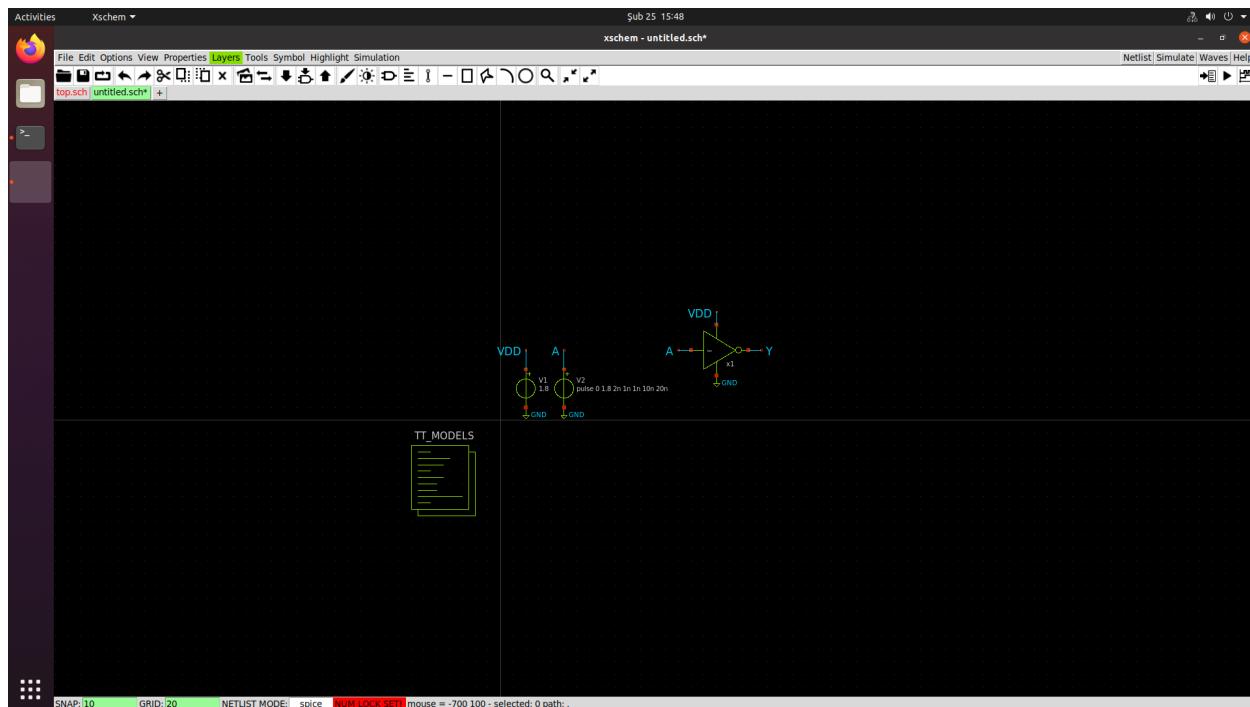
Simülasyon yapabilmek için model kütüphanesi ve simülasyon parametreleri tanımlanmalıdır. Model kütüphanesi tanımlamak için “**top.sch**” sekmesinden yardım alınabilir.



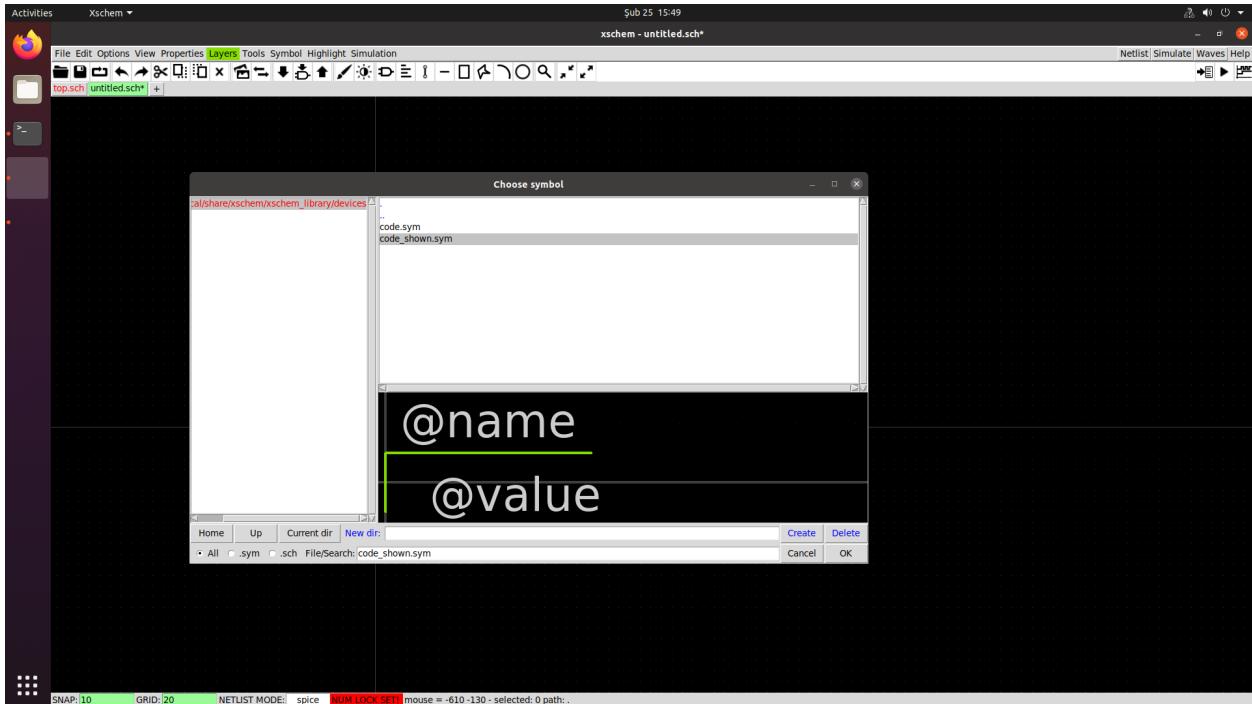
Burada bulunan “**TT\_MODELS**” yazan simbol seçilir, “c” tuşuna basılır, yukarıdan “**untitled.sch**” yazan sekmeye tıklanır açılan sekmede herhangi bir yere “**Sol tık**” ile yerleştirilir.



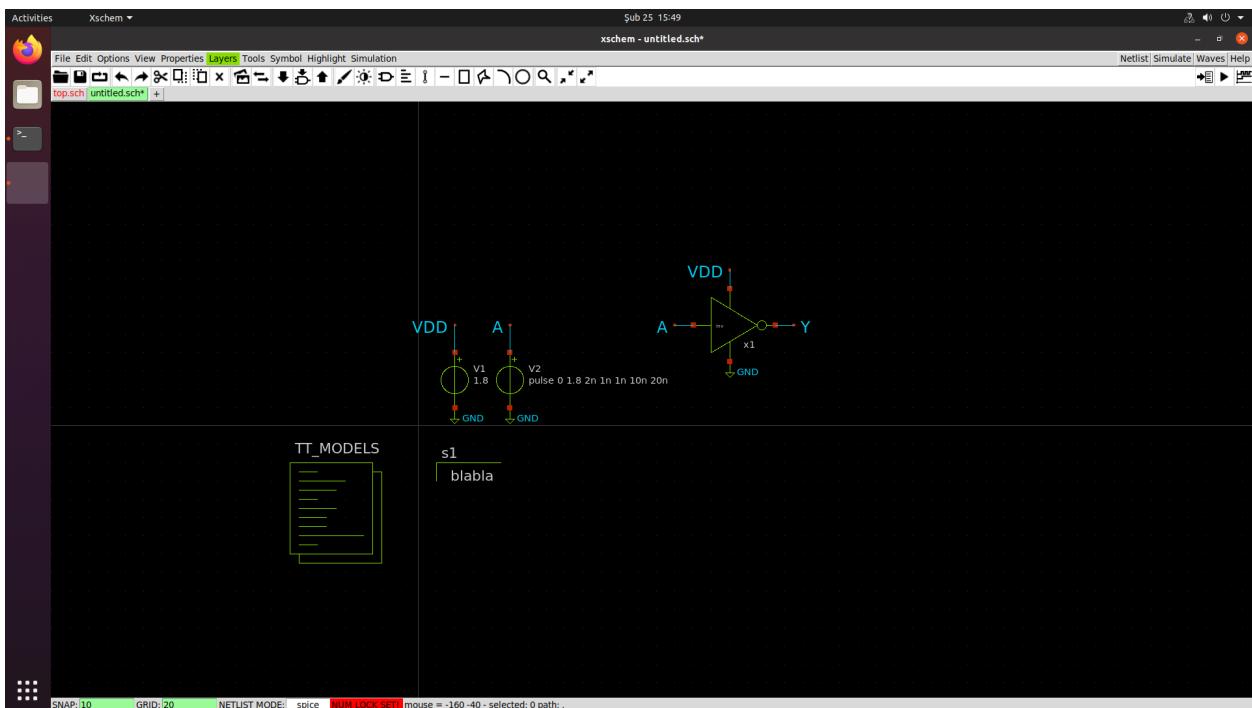
“**TT\_MODELS**” simbolü istenilen yere yerleştirilebilir. Bu uygulamada aşağıdaki gibi yerleştirilmiştir.



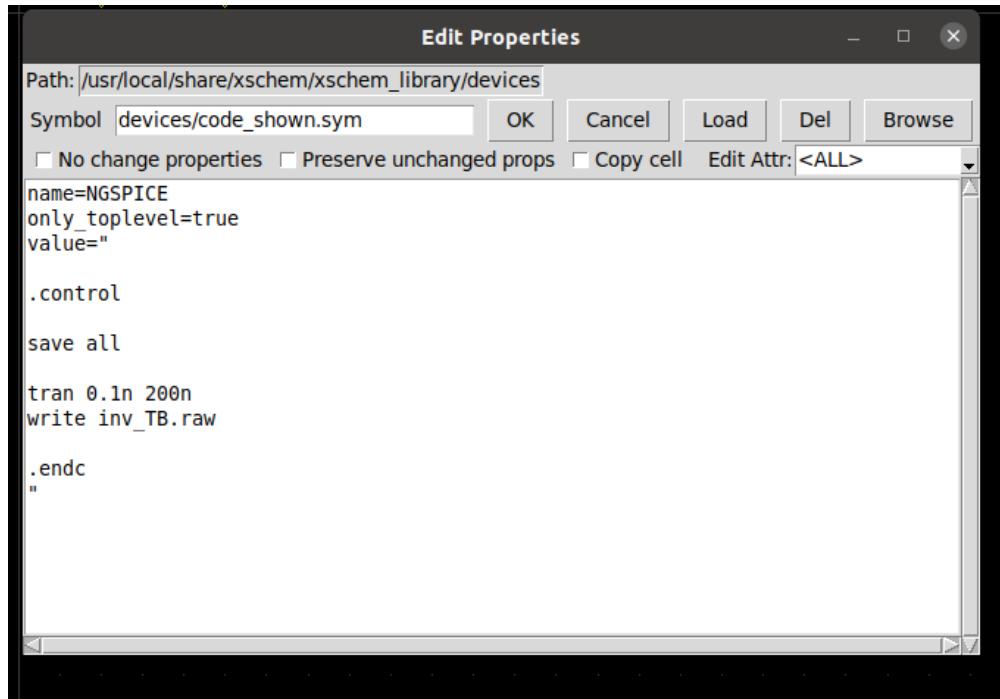
Simülasyon parametreleri tanımlamak için “code\_shown.sym” eklenir.



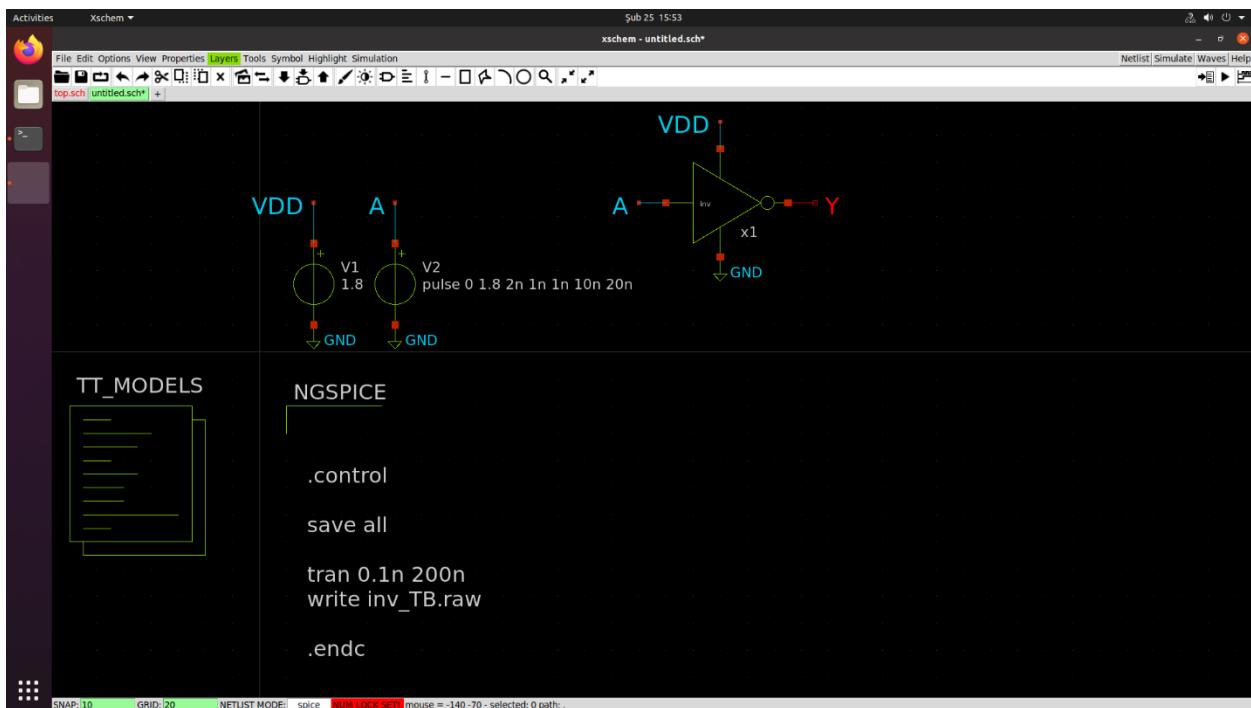
Eklendiğinde aşağıdaki gibi görünür. “TT\_MODELS”de olduğu gibi bu da istenilen yere yerleştirilebilir.



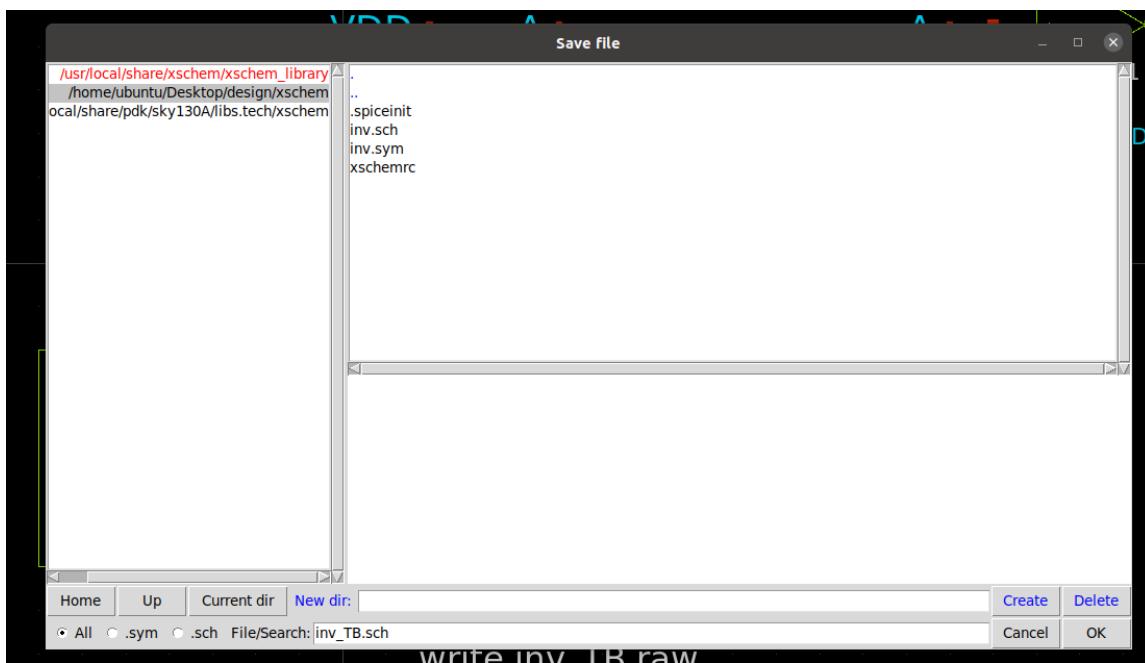
Eklenen “**code\_shown.sym**” seçilir ve “**q**” tuşuna basılır. Simülasyon için aşağıdaki tanımlama yapılır ve “OK” ile onaylanır. Simülasyon tanımlamaları için ngspice dokümanına bakılabilir.



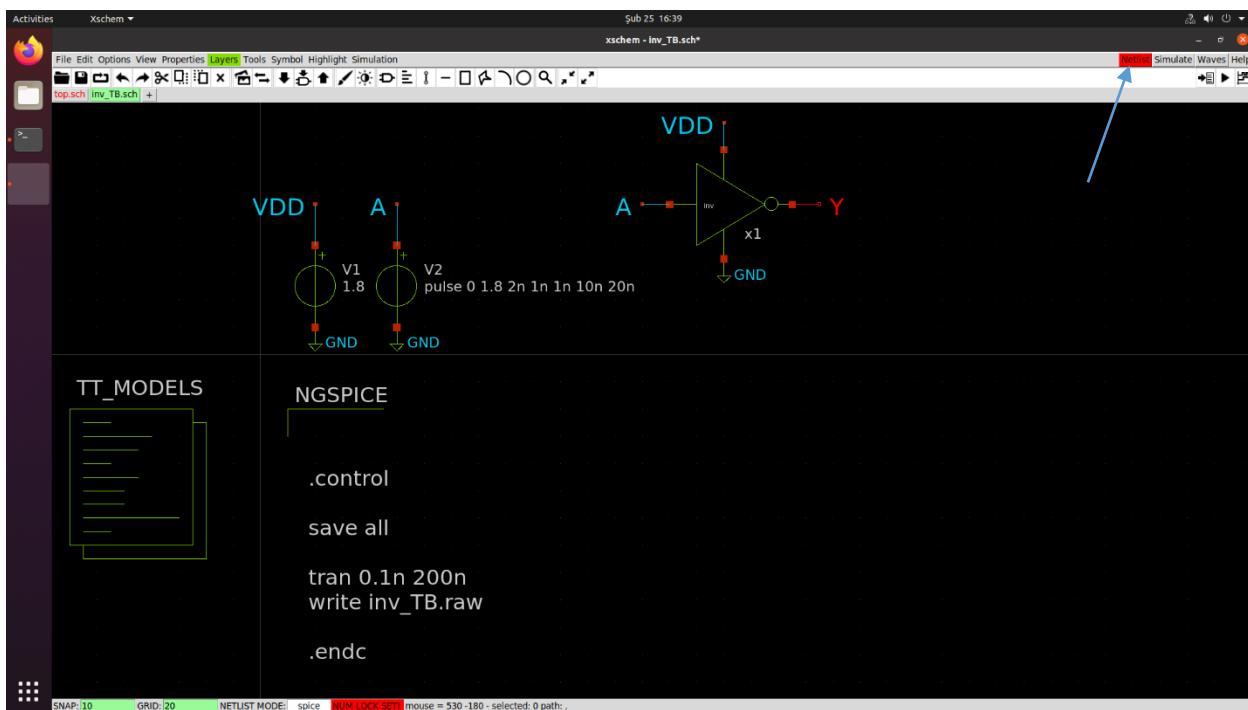
Tanımlama yapıldıktan sonra aşağıdaki gibi görünür.



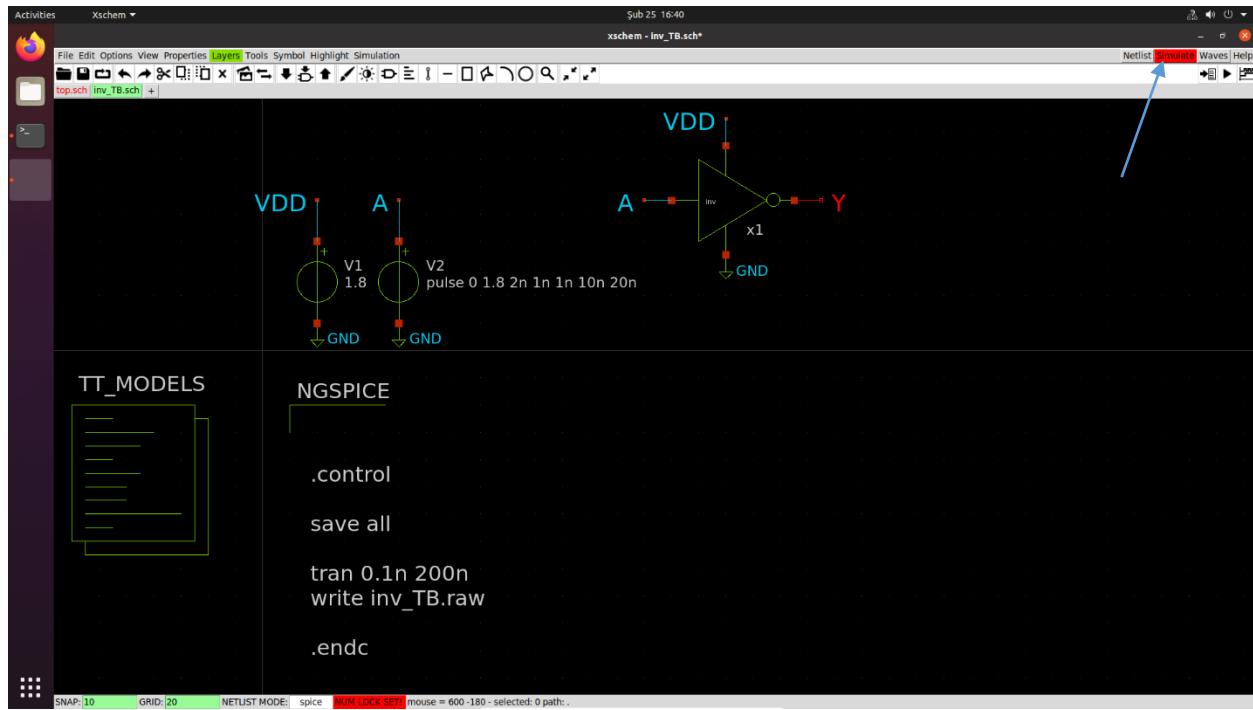
Simülasyon çalıştırılmadan önce şematiğin kaydedilmesi önerilir. İsim olarak ise “*kullanılan-simbol\_TB.sch*” girilmesi tavsiye edilir. “File->Save as” yoluyla kayıt yapılır. Bu uygulamada isim olarak “*inv\_TB.sch*” girilmiştir.



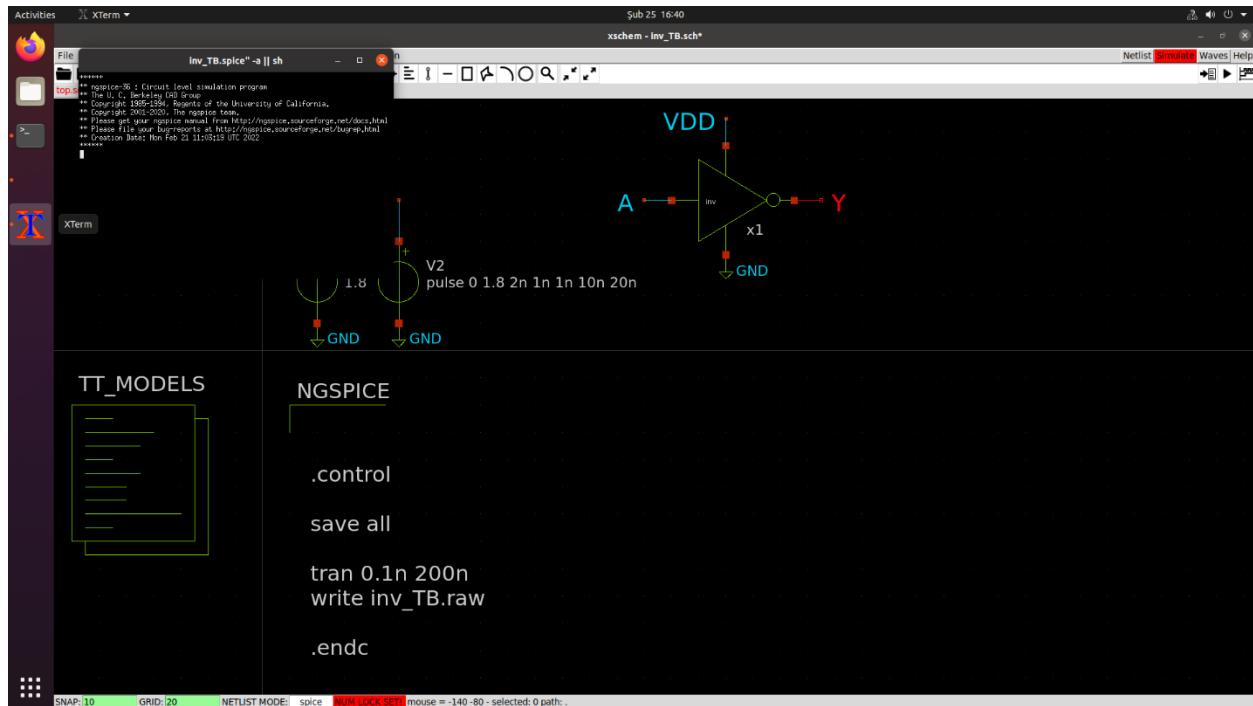
Kayıt yapıldıktan sonra “Netlist” ile netlist oluşturulur.



Netlist oluşturulduktan sonra “Simulate” ile simülasyon başlatılır.



Simülasyon başladığında ngspice programı açılır ve simülasyonu yapmaya başlar.



Simülasyon tamamlandığında aşağıdaki gibi görünür.

```
inv_TB.spice" -a || sh
option SCALE: Scale is set to 1e-06 for instance and model parameters
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000

Warning: v2; no DC value, transient time 0 value used

Initial Transient Solution
-----
Node          Voltage
----          -----
y              1.8
a              0
vdd            1.8
v2#branch     0
v1#branch    -2.18137e-12

Reference value : 0.00000e+00
No. of Data Rows : 2128
binary raw file "inv_TB.raw"
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000

Warning: v2; no DC value, transient time 0 value used
ngspice 2 -> [ 1.8 ]
```

Sonuçları görebilmek için ngspice penceresine “setplot” yazılır ve “enter” tuşuna basılır. Bu komut çalıştırılan simülasyonların ismini verir.

```
inv_TB.spice" -a || sh
-----
Initial Transient Solution
-----
Node          Voltage
----          -----
y              1.8
a              0
vdd            1.8
v2#branch     0
v1#branch    -2.18137e-12

Reference value : 0.00000e+00
No. of Data Rows : 2128
binary raw file "inv_TB.raw"
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000

Warning: v2; no DC value, transient time 0 value used
ngspice 2 -> setplot
List of plots available:
Current tran1  ** sch_path: /home/ubuntu/Desktop/design/xschem/inv_tb.sch (Transient Analysis)
           const Constant values (constants)
ngspice 3 -> [ 1.8 ]
```

“setplot tran1” komutu ile test seçilir.

```
inv_TB.spice" -a || sh
-----
Node          Voltage
-----
y              1.8
a              0
vdd            1.8
v2#branch     0
v1#branch    -2.18137e-12

Reference value : 0.00000e+00
No. of Data Rows : 2128
binary raw file "inv_TB.raw"
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000

Warning: v2: no DC value, transient time 0 value used
ngspice 2 -> setplot
List of plots available:

Current tran1  ** sch_path: /home/ubuntu/Desktop/design/xschem/inv_tb.sch (Transient Analysis)
      const  Constant values (constants)
ngspice 3 -> setplot tran1
ngspice 4 -> ■
```

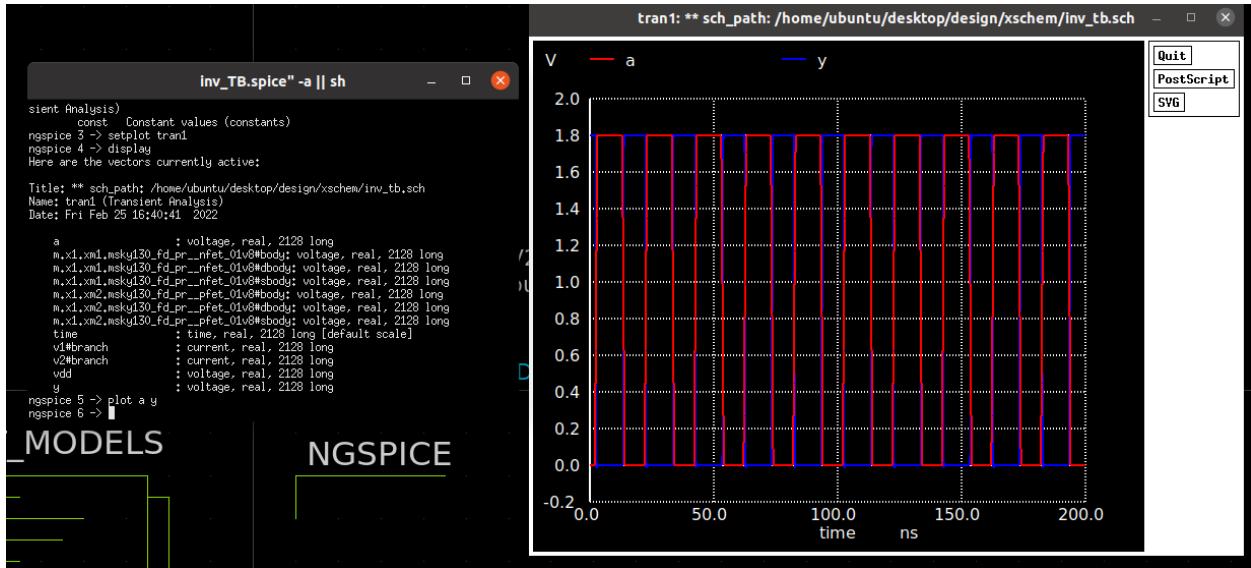
“display” komutu ile simülasyondaki değişkenler yazdırılır.

```
inv_TB.spice" -a || sh
-----
Current tran1  ** sch_path: /home/ubuntu/Desktop/design/xschem/inv_tb.sch (Transient Analysis)
      const  Constant values (constants)
ngspice 3 -> setplot tran1
ngspice 4 -> display
Here are the vectors currently active:

Title: ** sch_path: /home/ubuntu/Desktop/design/xschem/inv_tb.sch
Name: tran1 (Transient Analysis)
Date: Fri Feb 25 16:40:41 2022

a           : voltage, real, 2128 long
m,x1,xm1,msky130_fd_pr_nfet_01v8#body: voltage, real, 2128 long
m,x1,xm1,msky130_fd_pr_nfet_01v8#dbody: voltage, real, 2128 long
m,x1,xm1,msky130_fd_pr_nfet_01v8#sbody: voltage, real, 2128 long
m,x1,xm2,msky130_fd_pr_pfet_01v8#body: voltage, real, 2128 long
m,x1,xm2,msky130_fd_pr_pfet_01v8#dbody: voltage, real, 2128 long
m,x1,xm2,msky130_fd_pr_pfet_01v8#sbody: voltage, real, 2128 long
time        : time, real, 2128 long [default scale]
v1#branch   : current, real, 2128 long
v2#branch   : current, real, 2128 long
vdd         : voltage, real, 2128 long
y           : voltage, real, 2128 long
ngspice 5 -> ■
```

“plot değişken\_ismi” ile değişken çizdirilir. Burada “plot a y” komutu ile a ve y vektörleri aynı grafik üzerinde çizdirilmiştir.



Grafik üzerinde mouse sağ tık tuşuna basılı tutularak dikdörtgen çizilir ve sağ tık bırakılır. Böylece istenilen alan yakınlaştırılabilir.

