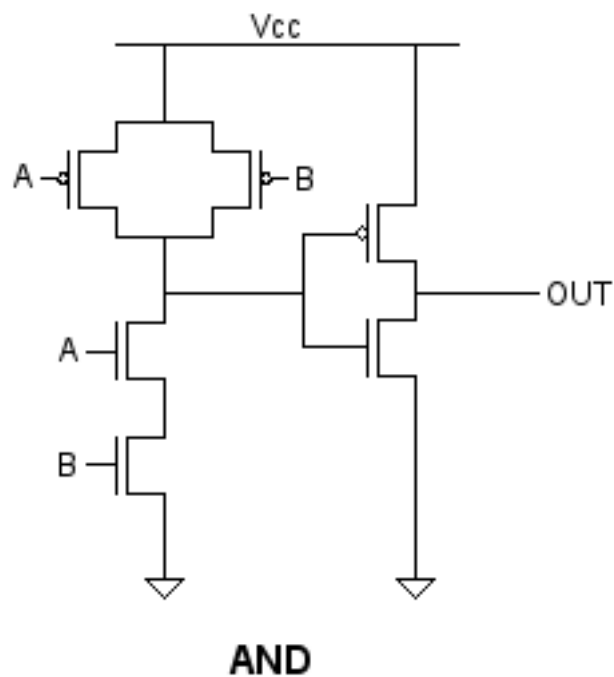


## Multiplier

برای این که یک ضرب کننده داشته باشیم باید از فول ادر و گیت and استفاده کنیم  
فول ادر استفاده شده در تمامی مدار ها یکی است و توضیح داده شده اند.

ساخت گیت AND

از مدار زیر استفاده میکنیم:



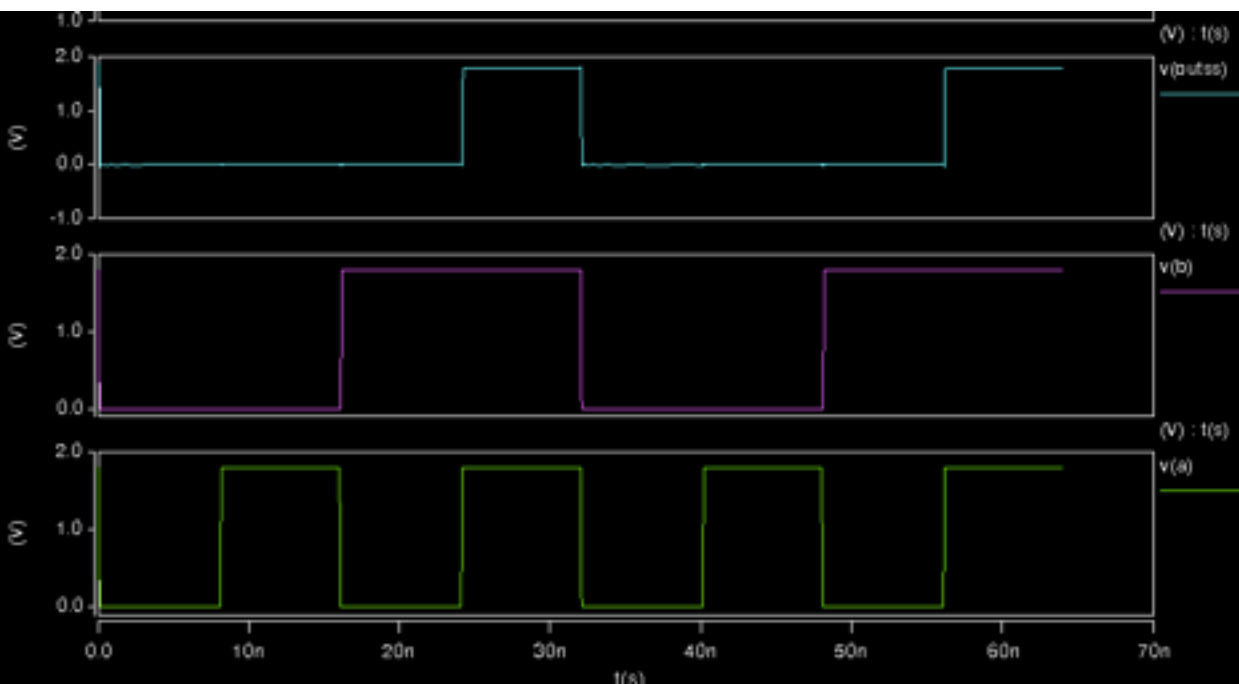
```

4 *****AND*****
5 .subckt and a b out3
6 MPMOS1 out3! a VDD VDD PMOS W=360n L=180n
7 MPMOS2 out3! b VDD VDD PMOS W=360n L=180n
8
9 MNMOS1 out3! a SUM SUM NMOS W=360n L=180n
10 MNMOS2 SUM b gnd gnd NMOS W=360n L=180n
11
12 MPMOS3 out3 out3! VDD VDD PMOS W=360n L=180n
13 MNMOS3 out3 out3! gnd gnd NMOS W=360n L=180n
14 .ends
15

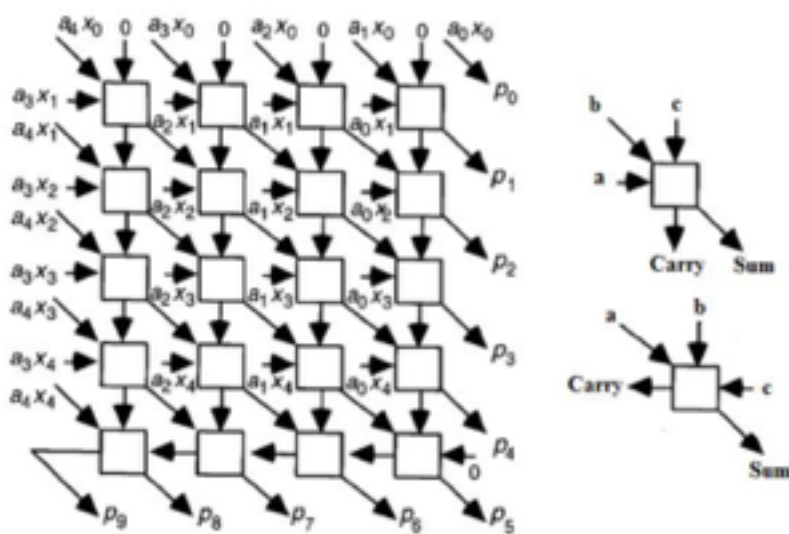
```

قطعه کد آن:

تحلیل درستی آن:



حال نود های این مدار را نام گذاری می کنیم و قطعه کدی به دست می آید که در mul.sp آورده شده است:



شکل 2: ساختار مدار ضرب کننده

می‌دانیم بحرانی‌ترین مسیر زمانی است که p9 فعال شده باشد پس همه ورودی‌ها را یک می‌کنیم و از قطعه‌کد زیر برای به دست آوردن تاخیرها استفاده می‌کنیم:

```

122 *****Inputs*****
123 VA0 a0 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns))
124 VA1 a1 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns)
125 VA2 a2 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns))
126 VA3 a3 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns)
127 VA4 a4 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns)
128
129 VX0 x0 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns)
130 VX1 x1 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns)
131 VX2 x2 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns)
132 VX3 x3 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns)
133 VX4 x4 gnd PULSE(0 'SUPPLY' 0ps 100ps 100ps 8ns 16ns)
134

```

```

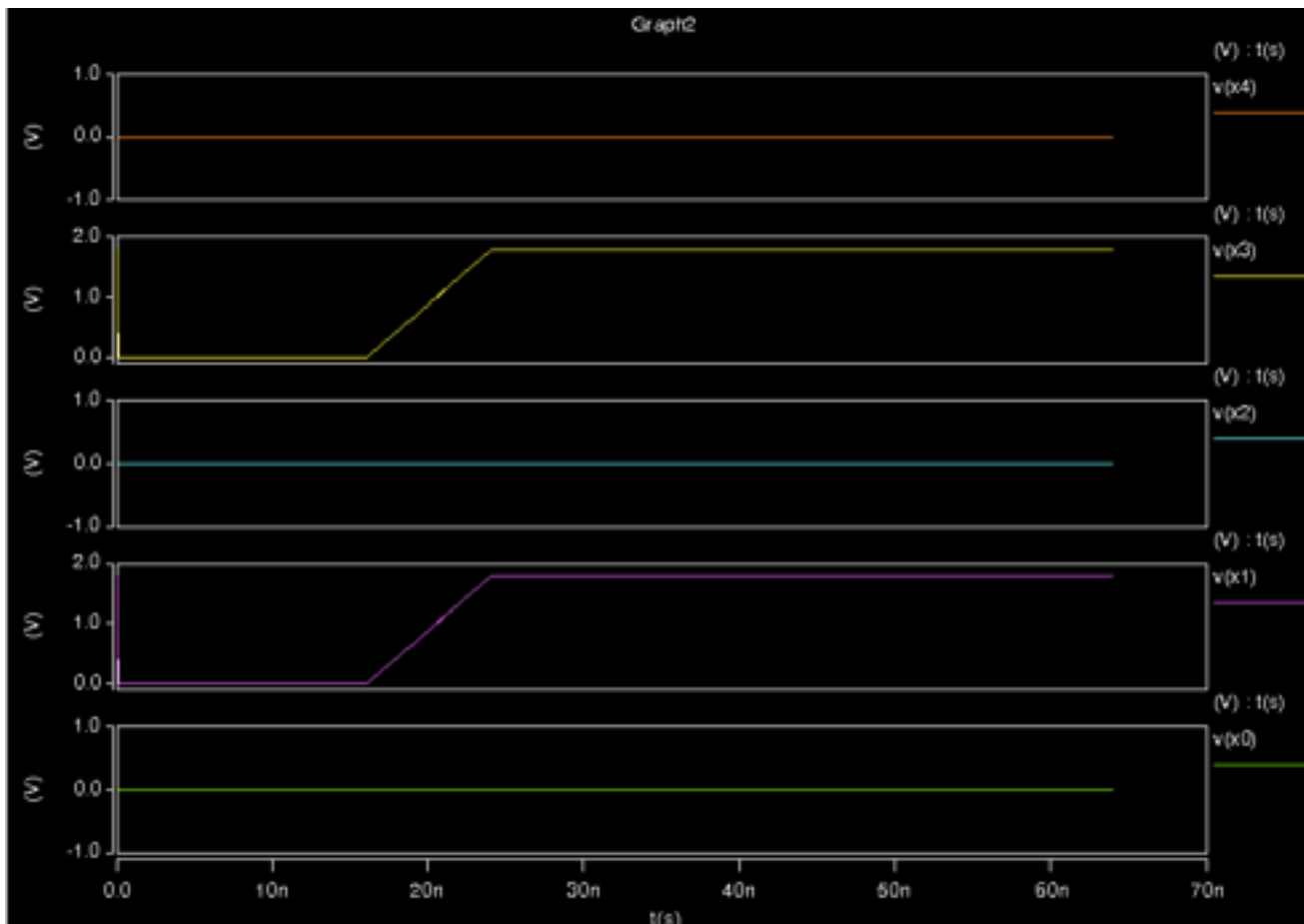
137
138
139 .tran 10ps 16ns
140 .measure tpdr * rising propagation delay
141 + TRIG v(a0) VAL=0.9V RISE=1
142 + TARG v(p9) VAL=0.9V RISE=1
143 .measure tpdf * falling propagation delay
144 + TRIG v(a0) VAL=0.9V FALL=1
145 + TARG v(p9) VAL=0.9V FALL=1
146 .measure tpd param='(tpdr+tpdf)/2' * average propagation delay
147 .measure trise * rise time
148 + TRIG v(p9) VAL=0.36V RISE=1
149 + TARG v(p9) VAL=1.44V RISE=1
150 .measure tfall * fall time
151 + TRIG v(p9) VAL=1.44V FALL=1
152 + TARG v(p9) VAL=0.36V FALL=1
153 .measure charge INTEGRAL I(VDD) FROM=0ns TO=16ns
154 .measure energy param='-charge * 1.8'
155

```

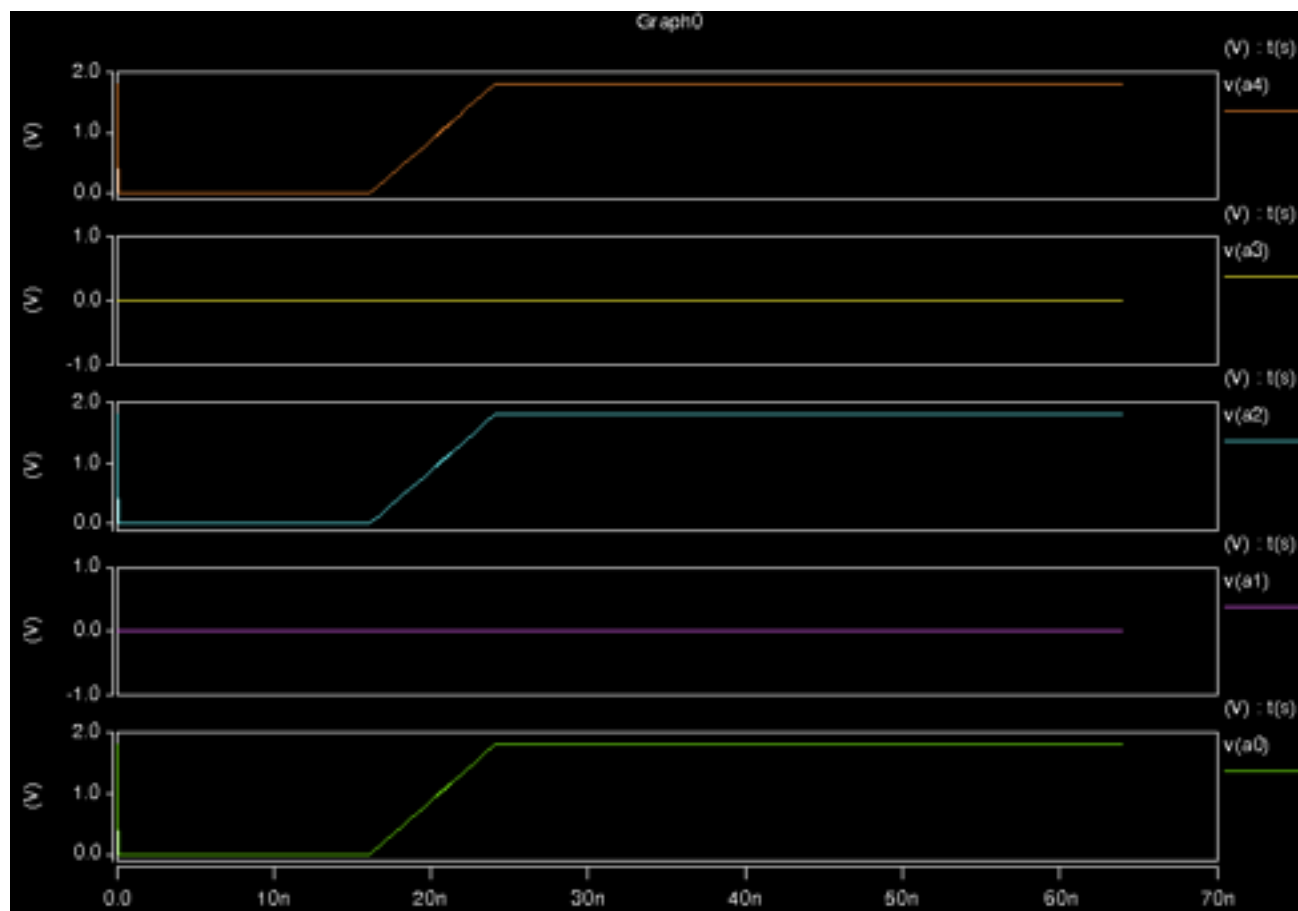
نتایج به صورت زیر است:

```
***** transient analysis tnom= 25.000 temp= 25.000 *****
tpdr= 316.4745p  targ= 366.4745p  trig= 50.0000p
tpdf= 331.6239p  targ= 8.4816n  trig= 8.1500n
tpd= 324.0492p
trise= 14.8576p  targ= 374.1436p  trig= 359.2860p
tfall= 24.7912p  targ= 8.4929n  trig= 8.4681n
charge= -1.3541p  from= 0.  to= 16.0000n
energy= 2.4373p
```

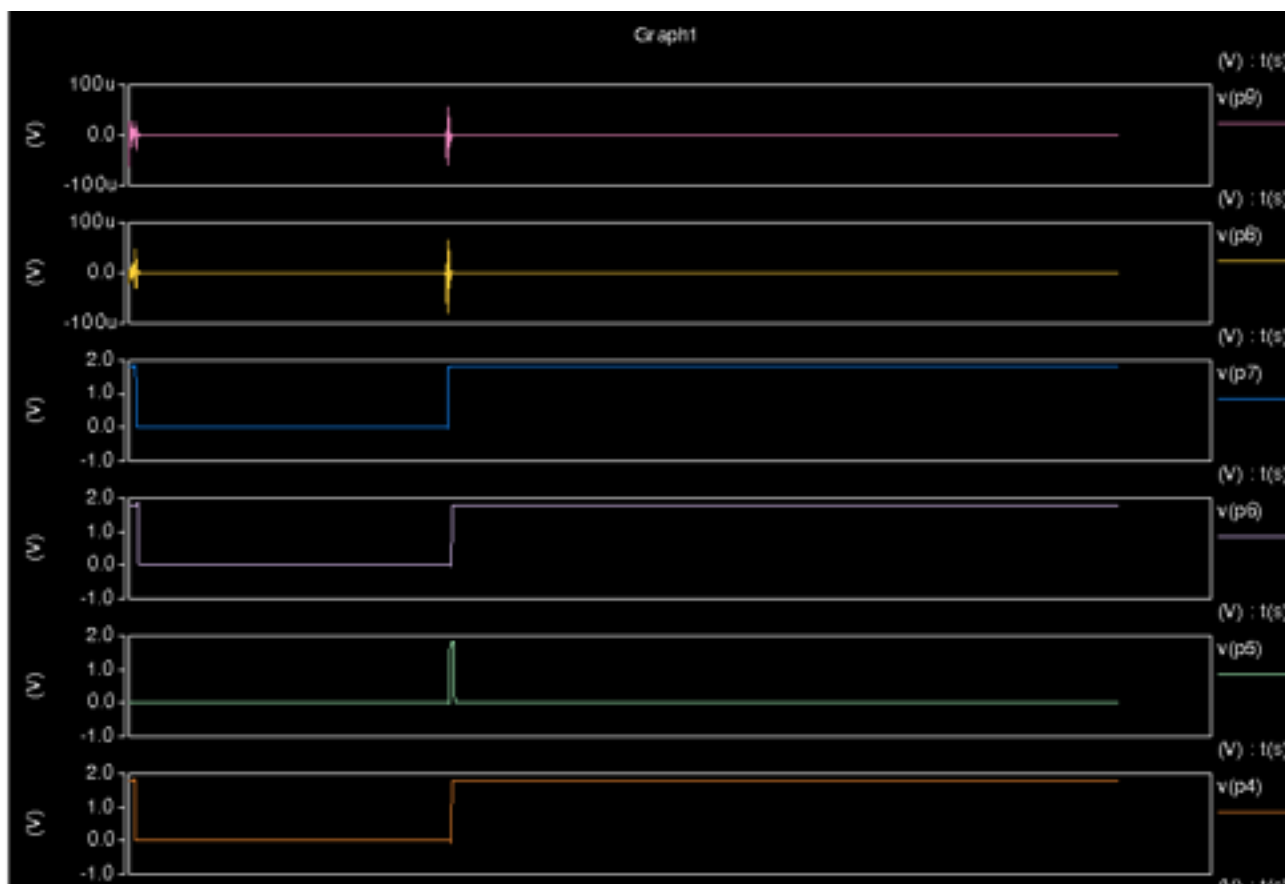
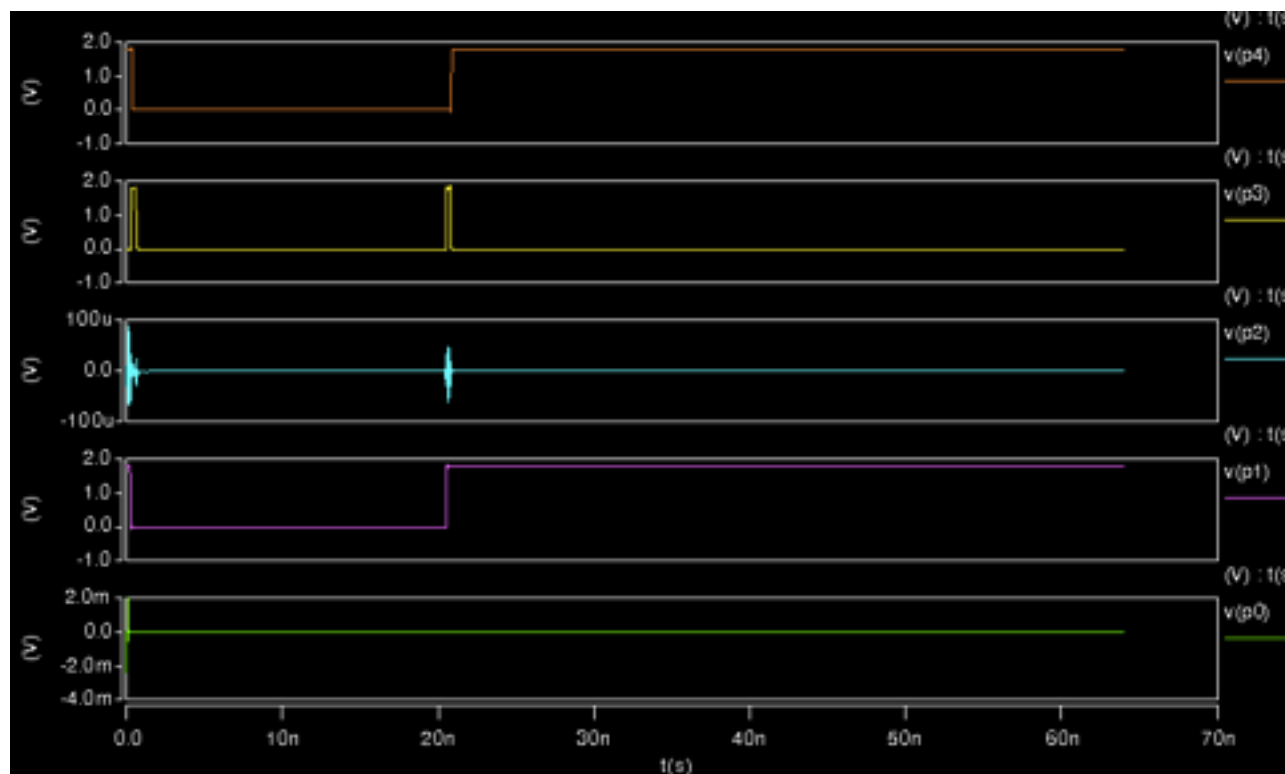
حال عملکرد مدار را برای دو ورودی زیر امتحان میکنیم:  
 $21 \times 10^{-1}$   
ولتاژ  $x$



ولتاژ a



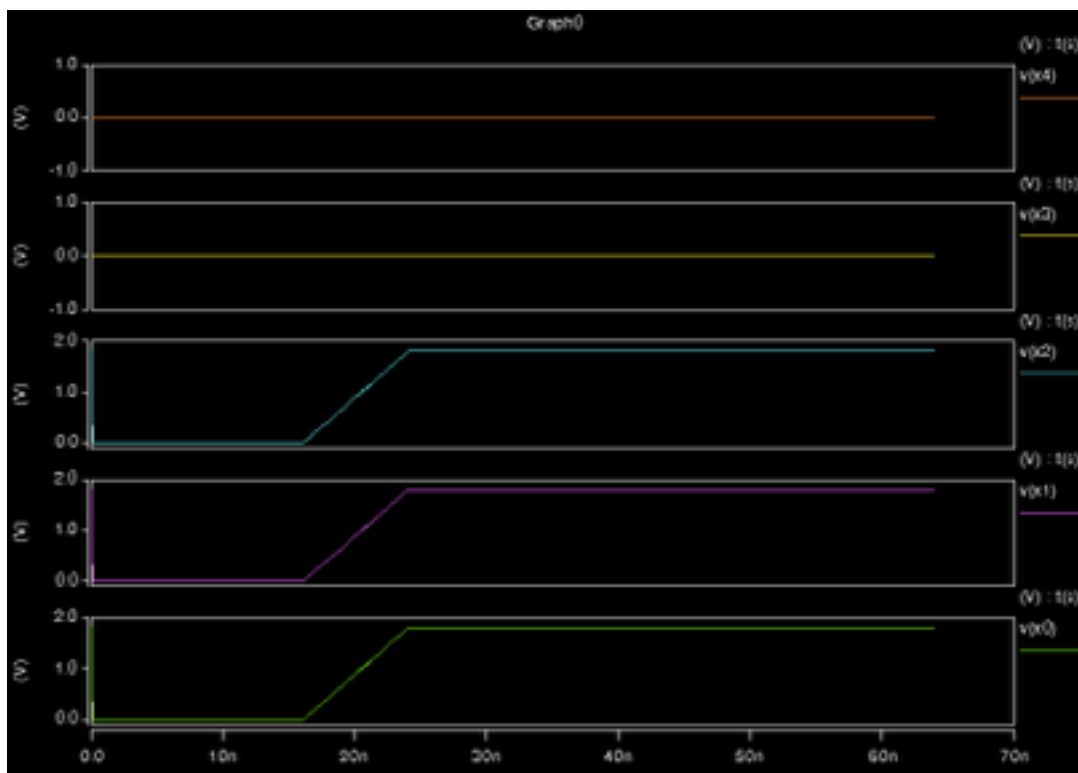
نتیجه:



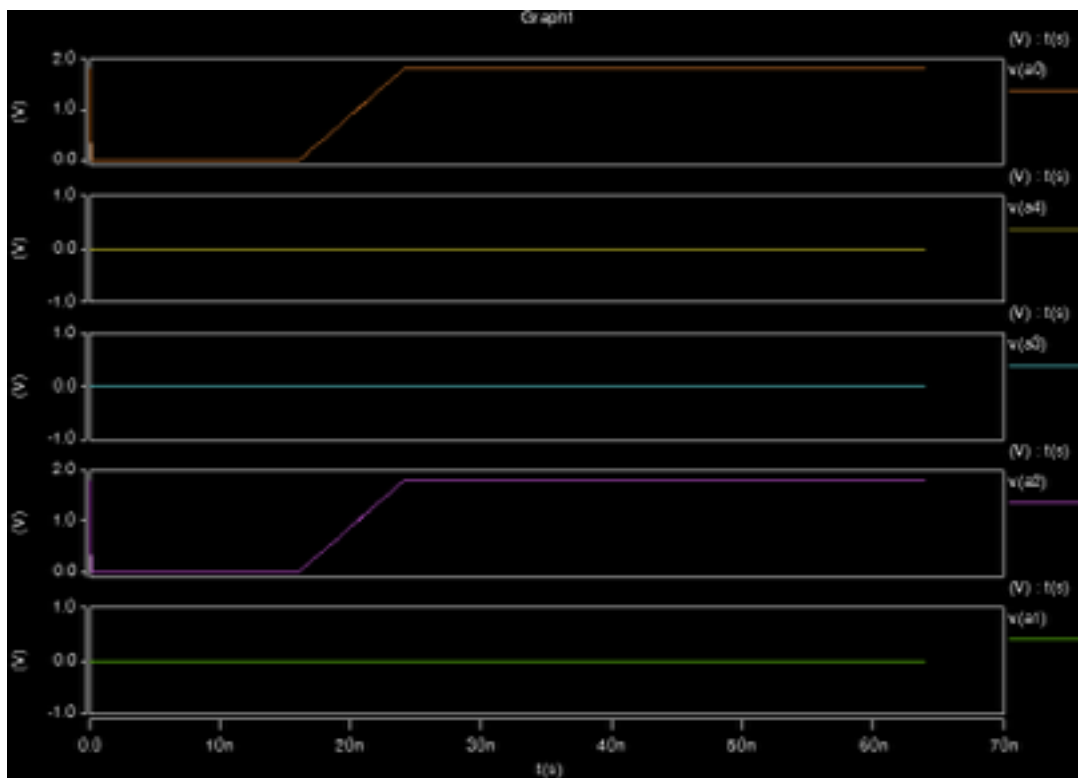
5\*7(۲)

ولتاژ

x



ولتاژ a



نتیجه:

