

آموزش نرم افزار

HSPICE

□ تعریف یک گره بصورت عمومی

نام گره GLOBAL.

➤ مثال

Global Vdd Vcc Clock

□ نماد واحدهای استاندارد

F	10^{-15}	femto	K	10^3	kilo
P	10^{-12}	pico	MEG	10^6	Mega
N	10^{-9}	nano	G	10^9	Giga
U	10^{-6}	micro	T	10^{12}	tera
M	10^{-3}	mili			

A: Ampere	Hz: Hertz	H: Henry	DEG: Degree
V: Volts	OHM: Ohm	F: Farad	

Symbols of Circuit Elements and Sources

First Letter	Circuit Elements and Source
B	Buffer
C	Capacitor
D	Diode
E	Voltage Dependent Voltage source
F	Current- Dependent Current Source
G	Voltage Dependent Current Source
H	Current Dependent Voltage Source
I	Independent Current Source
J	JFET and MESFET Transistor
K	Mutual Inductor
L	Inductor
M	MOS Field Effect Transistor
Q	Bipolar Junction Transistor
R	Resistor
T, U, W	Transmission Line
V	Independent Voltage Source

□ نحوه تعریف المانهای دو سر

نام المان N^+ N^- مقدار

□ تعریف عناصر مدل دار

نام المان N^+ N^- نام مدل [مقدار]

□ دستور تعریف مدل

.MODEL **MNAME** TYPE $P_1=X_1$ $P_2=X_2$... $P_n=X_n$

□ انواع مدل برای عناصر

Type name of elements	
Type name	Elements
AMP	operational amplifier model
C	capacitor model
CORE	magnetic core model
D	diode model
L	magnetic core mutual inductor model
NJF	n-channel JFET model
NMOS	n-channel MOSFET model
NPN	npn BJT model
OPT	optimization model
PJF	p-channel JFET model
PLOT	plot model for the .GRAPH statement
PMOS	p-channel MOSFET model
PNP	pnp BJT model
R	resistor model
U	lossy transmission line model (lumped)
W	lossy transmission line model
SP	S parameter

□ تعريف منابع ولتاژ مستقل

➤ منبع ولتاژ DC

مقدار V_x N+ N- Dc يا مقدار V_x N+ N-

■ مثال

VCC 15 0 DC 10V

□ تعريف منابع ولتاژ مستقل

➤ منبع ولتاژ AC

V_x $N+$ $N-$ AC فاز مقدار

■ مثال

V_x 1 0 $ac = A, \theta$ or V_x 1 0 ac A θ

□ تعریف منابع ولتاژ مستقل

➤ منبع ولتاژ AC با آفست DC

فاز مقدار AC مقدار DC N- N+ V_X

■ مثال

V_X 1 0 DC = A ac = B, θ or V_X 1 0 DC A ac B θ

□ تعریف منابع ولتاژ مستقل

➤ منبع ولتاژ سینوسی

Vx N+ N- SIN V₀ V_A FREQ TD ALPHA TETA

V₀ : سطح ولتاژ dc منبع سینوسی

FREQ : فرکانس منبع

V_A : دامنه منبع

TD : تاخیر زمانی

ALPHA : ضریب تضعیف دامنه

TETA : فاز منبع

■ مثال

Vin 1 0 Sin 0 1v 1kHz

تعريف منابع ولتاژ مستقل

منبع ولتاژ پالسی

Vx N+ N- Pulse V₁ V₂ TD TR TF PW PER

V₁: دامنه ولتاژ حداکثر

V₂: دامنه ولتاژ حداقل

TR: زمان صعود

TD: تاخیر زمانی

TF: زمان نزول

PW: زمان هدایت

PER: دوره تناوب

مثال

Vin 1 0 Pulse 0 5V 5uS 5uS 10uS 500uS 1ms

□ تعریف منابع ولتاژ مستقل

➤ منبع ولتاژ نمایی

V _X	N+	N-	EXP	V ₁	V ₂	TD1	RTC	TD2	FTC
----------------	----	----	-----	----------------	----------------	-----	-----	-----	-----

V₁: دامنه ولتاژ شروع
V₂: دامنه ولتاژ انتها
TD1: زمان تاخیر اولیه
TD2: زمان تاخیر ثانویه
RTC: ثابت زمان صعود
FTC: ثابت زمان نزول

■ مثال

VSS	N+	N-	EXP	0	10V	5us	20us	100us	30us
-----	----	----	-----	---	-----	-----	------	-------	------

□ تعریف منابع ولتاژ وابسته

➤ منبع ولتاژ وابسته به ولتاژ

E(name) N+ N- NC+ NC- <<MAX>=Val> <<MIN=Val> gain

E(name) N+ N- TRANSFORMER NC+ NC- k

N+ : سر مثبت منبع ولتاژ
 N- : سر منفی منبع ولتاژ
 NC+ : سر مثبت منبع ولتاژ وابسته
 NC- : سر منفی منبع ولتاژ وابسته

■ مثال

Eop_amp 2 3 14 1 MAX=+5 MIN=-5 200

Etrans out 0 TRANSFORMER in 0 10

□ تعریف منابع ولتاژ وابسته

➤ منبع ولتاژ وابسته به جریان

H(name) N+ N- VCUR <<MAX>=Val> <<MIN=Val> gain

N+ : سر مثبت منبع ولتاژ
N- : سر منفی منبع ولتاژ
VCUR : منبع ولتاژی که جریان آن برای کنترل منبع ولتاژ است

■ مثال

H1 20 10 VCUR MAX=+10 MIN=-10 1000

□ تعریف منابع جریان مستقل

➤ منبع جریان DC

مقدار I_X یا مقدار D_c N+ N- I_X N+ N-

➤ منبع جریان AC

فاز مقدار I_X N+ N- ac

➤ منبع جریان AC با آفست DC

فاز مقدار AC مقدار I_X N+ N- DC

□ تعریف منابع جریان مستقل

➤ منبع جریان سینوسی

Ix N+ N- SIN I_0 I_A FREQ TD ALPHA TETA

➤ منبع جریان پالسی

سر مثبت منبع ولتاژ وابسته

Ix N+ N- Pulse I_1 I_2 TD TR TF PW PER

➤ منبع جریان نمایی

Ix N+ N- EXP I_1 I_2 TD1 RTC TD2 FTC

□ تعریف منابع جریان وابسته

➤ منبع جریان وابسته به جریان

F(name) N+ N- VN <<MAX>=Val> <<MIN=Val> gain

N+ : سر مثبت منبع جریان
 N- : سر منفی منبع جریان
 VN : منبع ولتاژی که جریان آن برای کنترل منبع جریان است

■ مثال

F1	10	5	Vin	10		
F2	13	5	VSENS	MAX=+3	MIN=-3	5

□ تعریف منابع جریان وابسته

➤ منبع جریان وابسته به ولتاژ

G (name)	N+	N-	NC+	NC-	<<MAX>=Val>	<<MIN=Val>	gain
----------	----	----	-----	-----	-------------	------------	------

N+ : سر مثبت منبع جریان	}
N- : سر منفی منبع جریان	
NC+ : سر مثبت منبع ولتاژ وابسته	
NC- : سر منفی منبع ولتاژ وابسته	

■ مثال

GA	12	10	3	4	500
----	----	----	---	---	-----

تعريف مقاوم □

R(name) N+ N- مقدار

R(name) N+ N- Model Name مقدار نامی (R_{T0})

Model Parameters for Resistors			
Name	Meaning	Unit	Default
R	Resistance multiplier	—	1
TC1	First-order temperature coefficient	$1/^\circ C$	0
TC2	Second-order temperature coefficient	$(^\circ C)^{-2}$	0

■ مثال

R3 2 3 10k یا R1 1 2 10Ohm

R3 3 4 MSRES 10k

.Model MSRES R R=1 TC1=0.02 TC2=0.002

تعريف خازن □

C (name) N+ N- مقدار

C (name) N+ N- Model Name مقدار IC=V₀

Model Parameters for Capacitors			
Name	Meaning	Unit	Default
C	Capacitance multiplier	–	1
VC1	First-order Voltage coefficient	Volts ⁻¹	0
VC2	Second-order Voltage coefficient	Volts ⁻²	0
TC1	First-order temperature coefficient	1/C ^o	0
TC2	Second-order temperature coefficient	(C ^o) ⁻²	0

■ مثال

CBY 3 4 10.7uF

CBY 4 0 MSCAP 10UF IC=5V

.MODEL MSCAP C C=1 VC1=0.01 VC2=0.002 TC1=0.01

تعريف سلف □

L (name) N+ N- مقدار

L (name) N+ N- Model Name مقدار IC=I₀

Model Parameters for Inductors			
Name	Meaning	Unit	Default
L	Inductance multiplier	—	1
IC1	First-order Current coefficient	Amper ⁻¹	0
IC2	Second-order Current coefficient	Amper ⁻²	0
TC1	First-order temperature coefficient	1/C°	0
TC2	Second-order temperature coefficient	(C°) ⁻²	0

■ مثال

L1 2 3 SELF 0.1UH IC=-20mA

.Model SELF L L=1 IL1=0.1 IL2=0.002 TC1=0.02 TC2=0.001

تعریف سلف های تزویج (سلف کوپلاژدار)

ضریب کوپلاژ < نام سلف دوم > L < نام سلف اول > L < نام > K

مثال

LA 3 4 10UH

LB 1 2 40UH

K1 LA LB 0.9

L1 1 2 0.8mH

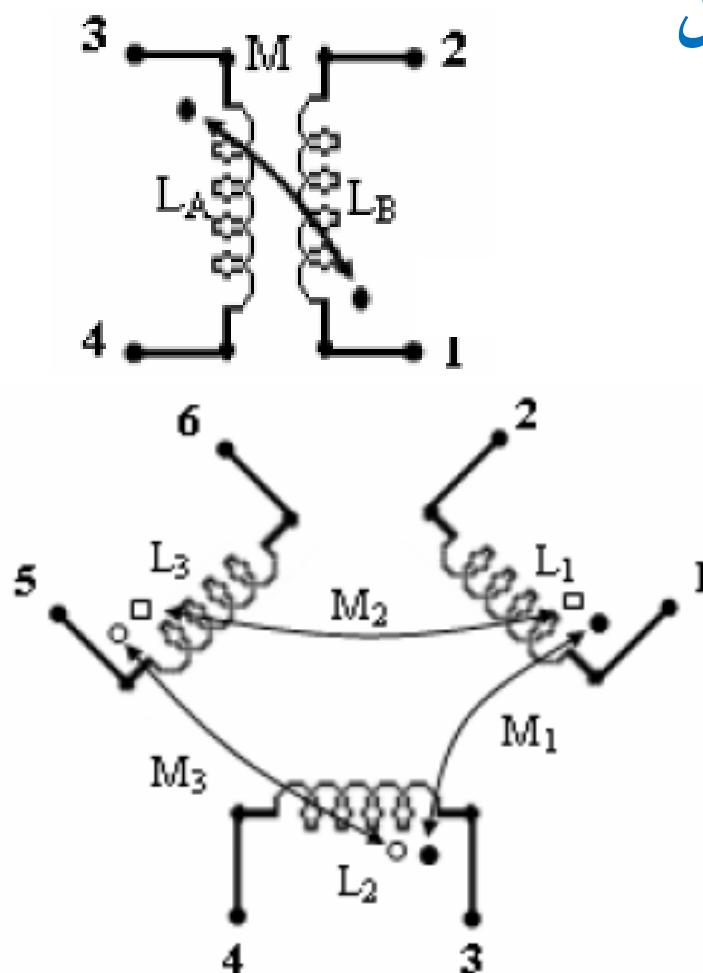
L2 3 4 0.5mH

L3 5 6 0.5mH

K12 L1 L2 0.999

K13 L1 L3 0.999

K23 L2 L3 0.999



D(name) N+ N- Model name <AREA>

■ مثال

D1 7 8 DIN4001

.Model DIN4001 D LEVEL=1 XP=0.0 EG=1.1 XOI=0.0 XOM=0.0

+XM=0.0 WP=0.0 WM=0.0 LP=0.0 LM=0.0 AF=1.0 JSW=0.0

+PB=0.65 PHP=0.8 M=0.2994 FC=0.95 FCS=0.4 MJSW=0.5 TT=2.446e-9

+BV=4.65 RS=19 IS=1.485e-11 CJO=1.09e-9 CJP=0.0 PJ=0.0 N=1.615

+IK=0.0 IKR=1.100e-2 IBV=2.00e-2

تعريف ترانزیستور BJT

Q(name) NC NB NE Model <AREA>

Q(name) NC NB NE NS Model name <AREA>

■ مثال

```
Q(name) 1 2 3 T2n2222a
.Model T2n2222a NPN LEVEL=1 ISS=0. XTF=1 NS=1.00000
+CJS=0 VJS=0.5 PTF=0 MJS=0 EG=1.10000 AF=1 ITF=0.5
+VTF=1 BR=40 IS=1.6339e-14 VAF=103.40529 VAR=17.77498
+IKF=1 NE=1.31919 IKR=1 ISC=3.6856e-13 NC=1.10024 IRB=4.3646e-05
+NF=1.00531 NR=1.00688 RBM=1.0000e-02 RB=71.82988 RC=0.42753
+RE=3.0503e-03 MJE=0.32339 MJC=0.34700 VJE=0.67373 VJC=0.47372
+TF=9.693e-10 TR=380.00e-9 CJE=2.6734e-11 CJC=1.4040e-11 FC=0.950
+XCJC=0.94518
```


□ تعریف ترانزیستور JFET

J(name) ND NG NS Model name

□ تعریف ترانزیستور MOSFET

M(name) ND NG NS NB Model name L W AD PD AS PS

■ مثال

M1 3 1 2 3 NPN L=2u W=6u AD=36p PD=24u AS=36p PS=24u

.MODEL NPN NMOS VTO=0.70 KP=110U GAMMA=0.4 LAMBDA=0.04 PHI=0.7

تعریف متغیر خروجی

- ولتاژ گره نسبت به زمین
 - اختلاف ولتاژ دو گره نسبت بهم
 - اختلاف پتانسیل دو سر المان
 - ولتاژ یک سر از المان سه سر نسبت به زمین
 - اختلاف ولتاژ دو سر المان سه سر
 - جریان شاخه
 - جریان یک پایه از المان سه سر
 - اندازه ولتاژ گره
 - اندازه فاز ولتاژ گره
 - اندازه ولتاژ گره براساس دسی بل
- (شماره گره) **V**
- (N1,N2) **V**
- (نام المان) **V**
- (نام المان) پایه موردنظر **V**
- (نام المان) نام پایه های موردنظر **V**
- (نام شاخه) **I**
- (نام المان) پایه موردنظر **I**
- (شماره گره) **VM**
- (شماره گره) **VP**
- (شماره گره) **VDB**

□ انواع تجزیه و تحلیل در Hspice

➤ تحلیل DC

➤ تحلیل AC

➤ تحلیل گذرا (Transient)

➤ تحلیل فوریه (Fourier)

➤ تحلیل نویز (Noise)

■ محاسبه نقاط کار و توان مصرفی

.OP

.OP [Format] [time]

■ تعیین حساسیت ولتاژ یا جریان نسبت به پارامتر خاص

.SENS < V or I >

■ محاسبه مشخصه انتقالی مدار

.DC	Input	Start Value	Stop Value	Increment Value
-----	-------	-------------	------------	-----------------

.DC	< Oct or Dec >	NP	Start Value	Stop Value
-----	----------------	----	-------------	------------

- محاسبه بهره ولتاژ (جریان) ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی

.TF Vout Vin

- محاسبه پاسخ فرکانسی

.AC LIN NP FStart FStop

.AC OCT NP FStart FStop

.AC DEC NP FStart FStop

.AC LIN NP FStart Fstop Sweep Input <Oct or Dec> NP1 Start Value Stop Value

.AC OCT NP FStart FStop Sweep Input <Oct or Dec> NP1 Start Value Stop Value

.AC DEC NP FStart Fstop Sweep Input <Oct or Dec> NP1 Start Value Stop Value

تحلیل گذرا (Transient)

- محاسبه پاسخ گذرای مدار در حوزه زمان

.TRAN TSTEP TSTOP <UIC>

.TRAN TSTART TSTOP TSTEP <UIC>

.Tran TStep TStop <UIC> Sweep Input <Oct or Dec> NP Start Value Stop Value

.Tran TStart TStop TStep <UIC> Sweep Input <Oct or Dec> NP Start Val. Stop Val.

- ✓ ورودی حتماً بایستی سینوسی، پالس یا نمایی باشد
- ✓ اگر جریان سلف یا ولتاژ خازن دارای شرایط اولیه باشند از UIC در دستور بالا استفاده می‌شود

- قرار دادن شرایط اولیه به هر گره دلخواه مدار

.IC V(1)=V₁ V(2)=V₂ V(3,4)=V₃ ...

- ✓ اگر از IC استفاده شود دیگر نیازی به UIC نیست

□ تحلیل فوریه (Fourier)

■ محاسبه سری فوریه ولتاژ یا جریان خروجی

Four FREQ X_1 X_2 ... X_n

• مثال

Four 100kHz V(2,3) V(3) I(R1) I(VIN)

□ تحلیل نویز (Noise)

- محاسبه نویز تولیدی توسط مقاومت و المان های نیمه هادی در مدار

Source $V(N+,N-)$.NOISE

- ✓ در کد نوشته شده برای محاسبه نویز بایستی حتما از تحلیل AC. استفاده شده باشد
- ✓ در قالب دستور بالا به جای source بایستی یک منبع مستقل استفاده شود

■ مثال

Vin $V(4,5)$.Noise

□ چاپ و رسم خروجی های مختلف

➤ نتایج تحلیل را بصورت گرافیکی و عددی نشان می دهد

.PRINT DC [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.PRINT AC [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.PRINT TRAN [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.PRINT NOISE [متغیرهای خروجی مورد نظر]

■ مثال

.PRINT DC V(2) V(3,5) V(R1) VCE(Q3)

- برای نمایش یک خروجی یا قسمت های مختلف مدار براساس تابعی از سایر پارامترها

PAR('نوشتن تابع موردنظر')

■ مثال

.PRINT TRAN par('(20*log10(v(out)/v(in2)))')

.PRINT AC gain = PAR('v(3)/v(2)') PAR('v(4)/v(2)')

□ چاپ و رسم خروجی های مختلف

□ نتایج تحلیل را در حالت های مختلف بررسی می کند

پارامتر موردنظر when یا find یا max نام دلخواه نوع تحلیل .Meas

■ مثال

```
.meas    tran    ixx    find    i(m\ )    at=xxx
```

```
.meas    dc    im    find    i(m\ )    at= ۰, ۲
```

□ چاپ و رسم خروجی های مختلف

➤ نتایج تحلیل را بصورت شکل موج نشان می دهد

.Probe DC [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.Probe AC [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.Probe TRAN [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.Probe NOISE [متغیرهای خروجی مورد نظر]

✓ دستور PLOT. معادل دستور Probe. است

■ مثال

.Probe TRAN V(in) V(out)

.Probe TRAN par('(20*log10(v(out)/v(in2)))')

□ دیگر دستورات کاربردی برای Hspice

➤ تعریف زیر برنامه

.SUBCKT

شماره‌های چند گره < یک نام دلخواه برای زیر برنامه >

توصیف زیر برنامه : برنامه مربوط به بیان المان‌های زیر مدار

.ENDS

< همان نام دلخواه بالایی >

➤ نحوه استفاده از زیر برنامه

X(name)

< نام انتخاب شده برای زیر برنامه > < شماره چند گره متناظر با گره‌های زیر برنامه >

✓ چنانچه زیر برنامه در **برنامه دیگری** نوشته شده باشد بصورت زیر با کمک دستور **include** در خط **اول** کد برنامه فراخوانی می شود

.include "E:\Project\Amplifier.sp"

□ دستورات کاربردی دیگر Hspice

➤ تعریف داده جدولی (اختصاص تعدادی داده به یک متغیر)

.DATA dataname pnam1 pnam2 pnam3 ...

مقادیر برای pnam3 و pnam2 و pnam1 (با ترتیب)

.ENDDATA

■ مثال

.TRAN 1n 100n SWEEP DATA = devinf

.AC DEC 10 1hz 10khz SWEEP DATA = devinf

.DC TEMP -55 125 10 SWEEP DATA = devinf

.DATA	devinf	width	length	thresh	cap
		+ 50u	30u	1.2v	1.2pf
		+ 25u	15u	1.0v	0.8pf
		+ 5u	2u	0.7v	0.6pf

.ENDDATA

□ دستورات کاربردی دیگر Hspice

➤ تعریف یک پارامتر بصورت تابع و همچنین تعریف یک ثابت

مقدار ثابت = نام ثابت .Param

■ مثال

```
.PARAM P1=0.5u P2=10u
MQ1 3 2 0 0 MOS1 L=P1 W=P2
.MODEL MOS1 NMOS(VT0=1 BETA=5E-4 RD=4)
.prob ac Rout=param('1m/i(vtestac)')
```

□ دستورات کاربردی دیگر Hspice

➤ دستور برای محاسبه پارامترهای Z، Y، H و S و همچنین امپدانس ورودی - خروجی

`.NET input <RIN = Val> or .NET input <Val>`

✓ برای استفاده از دستور بالا حتماً بایستی دستور **AC** بکاربرده شده باشد

■ مثال

`.NET VINAC RIN = 50`

`.NET IIN RIN = 50`

□ ترتیب نوشتن یک کد HSPICE

1. Title (عنوان برنامه)

✓ این خط توسط برنامه خوانده نمی شود

2. Include files

✓ اضافه کردن زیر برنامه به برنامه اصلی

3. Circuit descriptions

✓ معرفی و نحوه اتصال مدار

4. Input and Supply descriptions

✓ تعریف سیگنالهای ورودی

5. Data and Param descriptions

✓ تعریف داده و پارامترها

6. Analysis description

✓ تعیین نوع آنالیز و تحلیل

7. Output descriptions

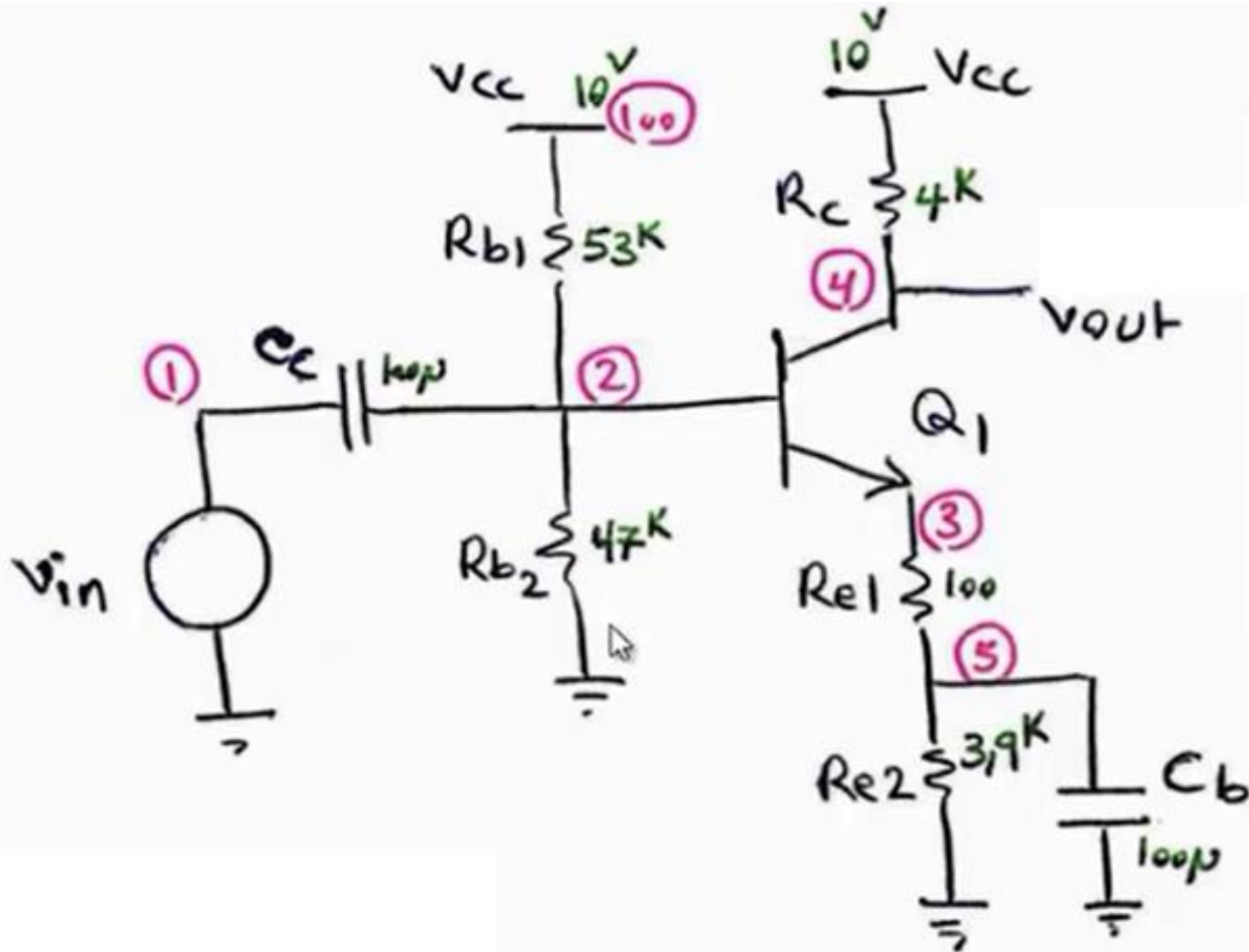
✓ تعیین نوع شکل موج

8. END

✓ پایان برنامه

مثال : برای تقویت کننده شکل زیر به ازای مقادیر زیر مطلوبیست :

$h_{fe}=200$, $V_{be}=0.7\text{ v}$ $C_p= 24\text{PF}$, $C_u= 3\text{PF}$



❑ کد نوشته شده در notepad

```
ce_amplifier - Notepad
File Edit Format View Help
common emitter
*****ce amplifier*****
Vcc      100  0  10
Vin       1   0  ac=1 sin 0 50m 1k
Rb1      100   2   53k
Rb2       2   0   47k
Rc       100   4   4k
Re1       3   5   100
Re2       5   0   3.9k
C1        1   2  100u
C2        5   0  100u
Q1        4   2   3      bc107
*****model*****
.model bc107 npn (bf=200 rb=100 va=100 cjs=10pf cje=10pf cjc=5pf tf=0.3ns tr=6ns)

*****Analyse*****
.op
.tran 1u 5m start=0
.AC dec 40 10 5x

.print ac Rin=par('v(1)/i(c1)')
.print ac v=par('v(4)/1.4')
.print ac gain=par('v(4)/v(1)')
.meas ac gain max par('v(4)')
.end
```

□ مقادیر DC محاسبه شده توسط نرم افزار

**** bipolar junction transistors

```
subckt
element 0:q1
model 0:bc107
ib 4.6708u
ic 949.2997u
vbe 767.7671m
vce 2.3869
vbc -1.6192
vs -6.2028
power 2.2695m
betad 203.2392
gm 36.9401m
rpi 5.5005k
rx 100.0000
ro 107.0469k
cpi 24.4610p
cmu 3.4206p
cbx 0.
ccs 3.2844p
betaac 203.1879
ft 210.8638x
```

□ محاسبه بهره محاسبه شده توسط نرم افزار

```
gain= 3.0976E+01      at= 7.4989E+03  
      from= 1.0000E+01      to= 5.0119E+06
```

□ مراجع

- کتاب کاربرد نرم افزار **Hspice** در مدارهای الکتریکی
نویسنده : دکتر مرتضی فتحی پور
- جزوه تجزیه و تحلیل مدارهای الکتریکی و الکترونیکی
با **Hspice**
نویسنده: سیروس طوفان

پایان

Nadiri.Andabili@gmail.com