

The University Of Guilan

Rasht - Iran

آموزش H-Spice

دکتر رضا ابراهیمی آتانی

گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه گیلان

rebrahimi@guilan.ac.ir, Reza.ebrahimi.atani@gmail.com

<http://staff.guilan.ac.ir/rebrahimi/?lg=1>

فهرست مطالب

- مقدمه
- تخصیص مقدار به المان ها و پارامتر های مربوطه
- توصیف المان ها
- معرفی و مدل سازی و کاربرد عناصر نیمه هادی در برنامه HSpice
- انواع متغیرهای خروجی
- انواع تجزیه و تحلیل مدار در برنامه HSpice
- چاپ و رسم نمودن خروجی های مورد نظر و مشاهده نتایج تجزیه و تحلیل های مختلف

مقدمه

- H Spice نرم افزاری جهت شبیه سازی مدارات الکترونیکی
- تجزیه و تحلیل های موجود در H Spice :
 - ◆ تجزیه و تحلیل DC
 - ◆ تجزیه و تحلیل گذرا (Transient)
 - ◆ تجزیه و تحلیل AC
 - ◆ تجزیه و تحلیل نویز
 - ◆ تجزیه و تحلیل فوریه

چهار مرحله اساسی استفاده از برنامه HSpice

۱. تبدیل مدار به یک برنامه (file) قابل فهم برای HSpice
۲. تعیین نوع تجزیه و تحلیل مورد نیاز
۳. تعیین ورودی و خروجی های مورد نظر
۴. اجرا کردن برنامه و دیدن شکل موجهای جاهای مختلف مدار

تخصیص مقدار به المان ها و پارامتر های مربوطه

- هر مدار شامل چند گره و چند شاخه و یک یا چند ورودی و یک یا چند خروجی خواهد بود
- گرهها به دو صورت مشخص می شوند : با نام یا با شماره
- گره های مدار در برنامه HSpice از شماره 0 تا 1E16 شماره گذاری می شوند.
- گره 0 و GND و GND! و GROUND همگی نمایانگر گره زمین هستند.
- تمام گرهها باید از طریق یک مسیر dc قابل اتصال به زمین باشند.
- اگر در یک مدار گره ای وجود داشته باشد که هیچ مسیر dc به زمین نداشته باشد. می توان با اضافه نمودن یک یا چند مقاومت بزرگ به نقطه مناسب مدار آن مسیر را ایجاد کرد.
- مثال : گره یک از زیر مدار X1 : X1.1
- اگر در یک مدار بزرگ چند تا زیر مدار داشته باشیم و بخواهیم مقادیر ولتاژ یا جریان گره های داخل زیر مدار را آدرس دهی کنیم باید به صورت مثال زیر عمل کنیم

V(XAND .X1.1)

مثلا : ولتاژ گره 1 از زیر مدار X1 از زیرمدار XAND

- با استفاده از دستور GLOBAL می توان یک گره را در کل مدار مشترک کرد.
- مثلا :
Global Vdd Vcc Clock

تخصیص مقدار به المان ها و پارامتر های مربوطه

پسوند ها و ضرایب لاتین مورد استفاده در H Spice 

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			

در HSpice حروف زیر برای نشان دادن واحدهای مشخص بکار می روند.

A: ampere

Hz: hertz

H: henry

DEG: degree

V: Volts

OHM: ohm

F: farad

توصیف المان ها

در برنامه HSpice هر نوع عنصر یا المان مدار دارای یک اسم است

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
X	Subcircuit call

توصیف المان ها

■ فرمت نوشتن المانهای دو سر:

مقدار N- N+ نام المان

RE1	2	3	10 k	جریان از گره N+ به سمت گره N- جاری است.
CBYPAS	3	5	12.5U	RE1- مقاومت 10 کیلو اهمی بین گره 2 و 3 بسته شده است.
L1	8	0	12M	CBYPAS - خازن بین گره های 3 و 5 بسته شده است.
VCC	11	0	10V	L1 - سلف 12mH بین گره 8 و زمین بسته شده است.
VEE	12	0	-10V	VCC - منبع تغذیه ولت بین گره های 11 و زمین بسته شده است.
				VEE - منبع تغذیه ولت بین گره های 12 و زمین بسته شده است.

توصیف المان ها

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	nnp 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

توصیف المان ها

■ برای تعیین دقیق یک المان در HSpice از دستور MODEL استفاده می شود .

.MODEL MNAME TYPE P₁=X₁ P₂=X₂ ... P_n=X_n

■ MNAME اسمی انتخابی است که بعنوان "نام مدل" برای المان انتخاب می شود .

■ Type مشخص کننده نوع المانی است که میخواهیم آنرا مدل کنیم.

■ P₁, P₂, ... P_n پارامترهای مربوط به المان و X₁, X₂, ... X_n به ترتیب مقادیر آن پارامترها می باشند.

مثال:

D1 2 6 D914

.MODEL D914 D IS=1E-15 VJ=0.6 CJA=1.2E-13 CJP=1.3E-14 RS=1E+8 BV= 70 V

توصیف المان ها

■ منابع ولتاژ و جریان در HSpice

□ منابع ولتاژ و جریان در HSpice به دو دسته مستقل و وابسته تقسیم می شوند.

□ منابع مستقل :

۱. منابع dc
۲. منابع ac
۳. منابع پالسی Pulse
۴. منبع پاره خطی Piecewise Linear PWL
۵. منبع FM (مدوله شده با یک tone)
۶. منبع AM
۷. منبع چند جمله ای
۸. منبع نمائی
۹. منبع Mixed

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ یا جریان dc :

■ منبع ولتاژ و جریان DC در HSpice به ترتیب با صورت کلی زیر بیان می شوند.

مقدار Dc N- N+ Vx

مقدار Dc N- N+ Ix

■ N+ و N- به ترتیب سر مثبت و منفی منبع می باشند.

مثال:

VCC 15 0 Dc 10V

یعنی منبع ولتاژ VCC بین گره ۱۵ و زمین قرار گرفته و مقدار آن ۱۰ ولت است.

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ یا جریان AC

■ این نوع منابع در تجزیه و تحلیل AC و نویز بکار می‌روند منبع ولتاژ و جریان AC در HSpice به ترتیب با صورت کلی زیر بیان می‌شود.

Vx N+ N- ac مقدار فاز

Ix N+ N- ac مقدار فاز

مثلا برای بیان $Vx = A \sin(\omega t + \theta)$ در بین گره‌های ۱ و زمین بصورت زیر می‌نویسیم :

$Vx \ 1 \ 0 \ ac = A, \theta \ or \ Vx \ 1 \ 0 \ ac \ A \ \theta$

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ یا جریان AC و DC دار:

■ اگر منبعی دارای مقدار AC و DC داشته باشد به صورت زیر بیان می شود.

V_x N+ N- Dc مقدار ac مقدار فاز

I_x N+ N- Dc مقدار ac مقدار فاز

مثلا براي بيان $V_x = A + B \sin(\omega t + \theta)$ در بين گرههاي ۱ و زمين بصورت زیر می نویسیم :

$$V_x \quad 1 \quad 0 \quad DC = A \quad ac = B, \theta \quad or \quad V_x \quad 1 \quad 0 \quad DC \quad A \quad ac \quad B \quad \theta$$

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ یا جریان Sinusoidal:

■ این نوع منابع برای تجزیه و تحلیل گذرای (transient) مدارها استفاده می شوند. و به ترتیب دارای شکل کلی زیر می باشند.

V_X	N+	N-	SIN	V_0	V_A	FREQ	TD	ALPHA	TETA
I_X	N+	N-	SIN	I_0	I_A	FREQ	TD	ALPHA	TETA

■ N+ و N- شماره دو گره ای هستند که منبع V_X یا I_X بین آن دو گره قرار گرفته است.

توصیف المان ها (منابع مستقل)

- که در معادله ولتاژ V_0 سطح dc ولتاژ منبع سینوسی، V_A دامنه منبع سینوسی، $f = \text{FREQ}$ فرکانس، $TD = td$ تأخیر زمانی، $\alpha = \text{ALPHA}$ ضریب تضعیف دامنه و $TETA = \theta$ فاز آن می باشند.

$$V(t) = V_0 + V_A e^{-\alpha(t-td)} \text{Sin}[2\pi f (t - td) + \theta]$$

$$I(t) = I_0 + I_A e^{-\alpha(t-td)} \text{Sin}[2\pi f (t - td) + \theta]$$

مثال:

Vin 1 0 Sin 0 1v 1kHz

- که معرف یک منبع ولتاژ سینوسی بین گره ۱ و زمین با دامنه ۱ ولت و فرکانس ۱ کیلوهرتز (kHz) می باشد.

- اگر مقادیر TD و ALPHA و TETA در رابطه تعیین نگردند، Default آنها صفر خواهد بود.

$$V(t) = 2 - 3e^{-10(t-20 \times 10^{-6})} \text{Sin}(2\pi \times 10^4 (t - 20 \times 10^{-6}))$$

Vin 10 0 Sin 2 3 10kHz 20US -10 180

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ یا جریان پالسی :

■ این نوع منابع برای تجزیه و تحلیل گذرای (transient) مدارها استفاده می‌شوند. و به ترتیب دارای شکل کلی زیر می‌باشند .

V _x	N+	N-	Pulse	V ₁	V ₂	TD	TR	TF	PW	PER	I _x
N+	N-	Pulse	I ₁	I ₂	TD	TR	TF	PW	PER		

مثال

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

■ یعنی منبع ولتاژ پالسی بین گره‌های ۱ و صفر که دارای ولتاژ اولیه صفر بوده، پس از تأخیر TD = 5uS به ۵ ولت می‌رود و به اندازه TW = 500uS در ۵ ولت باقی می‌ماند. دارای Rise time = 5uS, 10uS fall time = 1ms و پریود 1ms است

توصیف المان ها (منابع مستقل)

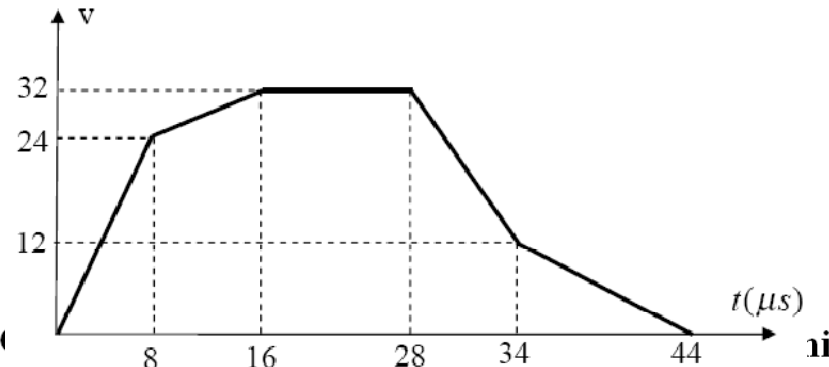
■ منبع ولتاژ یا جریان پاره خطی (Piecewise Linear) :PWL

■ این منابع بصورت شکل کلی زیر می باشند:

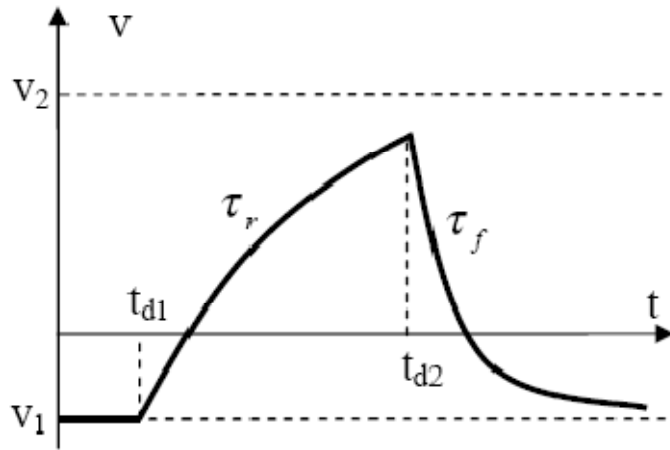
$$\begin{array}{cccccccccccc} V_x & N+ & N- & \text{PWL} & T_1 & V_1 & T_2 & V_2 & T_3 & V_3 & \dots & T_n & V_n & R & T_d \\ I_x & N+ & N- & \text{PWL} & T_1 & I_1 & T_2 & I_2 & T_3 & I_3 & \dots & T_n & I_n & R & T_d \end{array}$$

■ در منبع ولتاژ در لحظه T_i دارای ولتاژ V_i می باشد و در بین دو زمان متوالی مقدار آن از خط اتصال بین دو نقطه (T_i, V_i) و (T_{i+1}, V_{i+1}) تبعیت می کند. R برای نشان دادن تعداد دفعات تکرار موج بین زمانهای T_d تا T_n (برای بعد از زمان T_n) می باشد نکته اینکه T_d حداقل باید از T_n کوچکتر باشد. برای مثال منبع شکل ۳ را می توان به صورت زیر تعریف نمود :

$$V_{in} \quad 1 \quad 0 \quad \text{PWL} \quad 0 \quad 0 \quad 8\mu s \quad 24v \quad 16\mu s \quad 32v \quad 28\mu s \quad 32v \quad 34\mu s \quad 12v \quad 44\mu s \quad 0v$$



توصیف المان ها (منابع مستقل)



■ منبع ولتاژ یا جریان Exponential یا نمائی :

■ این نوع منابع به ترتیب دارای شکل کلی زیر می باشند.

V _x	N+	N-	EXP	V ₁	V ₂	TD1	RTC	TD2	FTC
I _x	N+	N-	EXP	I ₁	I ₂	TD1	RTC	TD2	FTC

■ که در روابط فوق TD1 زمان تاخیر اولیه، RTC = Rice time constant، TD2 زمان تاخیر، FTC = Fall time constant، V₁ ولتاژ شروع و V₂ ولتاژ انتهائی می باشند.

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

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ یا جریان با مدولاسیون FM :

■ این منبع از روی رابطه زیر تعریف می گردد و بیانگر یک موج سینوسی مدوله شده با یک فرکانس می باشد.

شکل کلی این نوع منابع به صورت زیر است.

$$V(t) = V_0 + V_A \sin[2\pi f_c t + M \sin 2\pi f_s t]$$

Vx N+ N- SFFM V0 VA FC Mdi FS

Mdi همان M یا ضریب مدولاسیون است.

مثال :

VSX 2 0 SFFM 0 1V 30MEG Hz 15 5kHz

(ضریب مدولاسیون ۱۵ در صد است)

■ برای منبع جریان نیز بصورت فوق تعریف می شود با این تفاوت که در منبع جریان بجای V از I استفاده می شود.

ISX 2 0 SFFM 0 1mA 30MEG Hz 15 5kHz

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ یا جریان با مدولاسیون : AM

- این منبع بر مبنای رابطه زیر که بیانگر یک موج سینوسی است که با یک موج تک فرکانس به طور فاز مدوله شده است تعریف می گردد .

$$V(t) = S_a \{O_C + \sin[2\pi f_m(t - T_d)] \sin 2\pi f_c(t - T_d)\}$$

- شکل کلی این نوع منابع به صورت زیر است.

V _x	N+	N-	AM	S _a	O _C	F _m	F _c	T _d
VSX	2	0	AM	10	1V	5kHz	30MEG Hz	1m
ISX	2	0	AM	10	1ma	5kHz	30MEG Hz	1m

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ چند جمله‌ای (Poly) :

- Poly(1) One-dimensional equation
- Poly(2) Two-dimensional equation
- Poly(3) Three-dimensional equation

$$Y = P_0 + P_1 A + P_2 A^2 + \dots + P_n A^n$$

شکل نوشتن رابطه Y در برنامه HSpice به صورت زیر است.

Vx N+ N- Poly NC+ NC- P₀ P₁ P₂ ... P_n

■ در این رابطه NC+ و NC- گره‌هایی هستند که منبع ولتاژ A (و یا شاخه حامل جریان) بین آن دو گره قرار گرفته است.

مثال:

Vx N+ N- Poly(1) 10 0 0 2

که معرف $Y=2V(10)$ است.

مثال Poly(2) :

Vsx 1 2 Poly(2) 2 3 1 2 1

که معرف رابطه زیر است :

$$Y = 1 + 2[V(2,3)] + [V(2,3)]^2$$

توصیف المان ها (منابع مستقل)

■ منبع ولتاژ یا جریان Mixed :

■ این نوع منابع برای بیش از یک نوع تجزیه و تحلیل (مثلا برای تجزیه و تحلیل AC، نویز، تجزیه و تحلیل گذرای) بکار می‌روند و به ترتیب دارای شکل کلی زیر می‌باشند.

Vin N+ N- Vdc AC Vac Sin Vo A f

Iin N+ N- Idc AC Idc Sin Io A f

■ در روابط بالا f فرکانس، A دامنه و V_o مقدار آفست موج سینوسی (برای تجزیه و تحلیل گذرای)، V_{ac} دامنه و V_{dc} مدار Dc موج AC (برای تجزیه و تحلیل AC و نویز) می‌باشند.

VIN 13 2 0.5 AC 1 SIN 0 1 1MEG

توصیف المان ها (منابع وابسته):

■ چهار نوع منبع وابسته در HSpice تعریف می گردد که به قرار زیراند:

- | | |
|-------------------------------|--------------|
| ۱- منبع ولتاژ وابسته به ولتاژ | نام منبع < E |
| ۲- منبع ولتاژ وابسته به جریان | نام منبع < H |
| ۳- منبع جریان وابسته به ولتاژ | نام منبع < G |
| ۴- منبع جریان وابسته به جریان | نام منبع < F |

توصیف المان ها (منابع وابسته):

- منبع ولتاژ وابسته به ولتاژ دارای رابطه کلی ای به صورت زیر می باشد.

$$E(\text{name}) \quad N+ \quad N- \quad NC+ \quad NC- \quad \langle \text{بهره ولتاژ} \rangle$$
- $NC+$ و $NC-$ سرهای کنترل کننده و $N+$ و $N-$ دو سر منبع اند.
 مثال:

E1 5 6 2 3 100

$$E_1 = 100(V_2 - V_3)$$

یعنی E1 بین گره های ۵ و ۶ قرار گرفته و ولتاژ آن ۱۰۰ برابر اختلاف پتانسیل، گره های ۲ و ۳ است.

- شکل کلی منبع ولتاژ وابسته به جریان به صورت زیر می باشد:

$$H(\text{name}) \quad N+ \quad N- \quad V_N \quad \langle \text{بهره یا مقاومت انتقالی} \rangle$$
- $N+$ و $N-$ سرهای مثبت و منفی منبع ولتاژ وابسته و V_N منبع ولتاژی است که جریان آن (I) اندازه ولتاژ منبع ولتاژ را کنترل می کند.
 مثال:

HA 1 2 VIN 10

HB 13 4 VCC 50

توصیف المان ها (منابع وابسته):

■ شکل کلی منبع جریان وابسته به ولتاژ به صورت زیر می باشد.

G(name) N+ N- NC+ NC- < ضریب هدایت انتقالی >

N+ و N- سرهای مثبت و منفی منبع جریان است و NC+ و NC- سرهای ولتاژ کنترل کننده منبع جریان می باشند .

مثال:

GA 12 10 3 4 500

■ شکل کلی منبع جریان وابسته به جریان به صورت زیر می باشد.

F(name) N+ N- V_N < بهره جریان >

مثال:

F1 10 5 V_{in} 10

■ در رابطه فوق N+ و N- سرهای مثبت و منفی منبع جریان است و V_N منبع ولتاژ مفروضی است که جریان آن، اندازه منبع جریان خروجی را کنترل می کند.

توصیف المان ها (عناصر پسیو):

■ مقاومت :

مقاومتها دارای دو شکل کلی زیر می باشند:

R(name)	N+	N-	مقدار <							(الف) :
R(name)	N+	N-	Model Name	مقدار نامی (R _{T0})						(ب) :
	R3	2	3	10k	یا	R1	1	2	100hm	مثال برای حالت الف :
R3	3	4	MSRES	10k						مثال برای حالت ب :
.Model	MSRES	R	R=1	TC1=0.02	TC2=0.002					

پارامترهای مربوط به یک مقاومت مبتنی بر رابطه زیر تعریف می شوند.

$$R = R_{T0} \times (\text{ضریب } R) \times [1 + TC1(T - T_0) + TC2(T - T_0)^2 + \dots]$$

توصیف المان ها(عناصر پسیو):

- R_{T0} (مقدار مقاومت در درجه حرارت اتاق) است. پارامتر ضریب را در دستور Model با R نشان می دهند و معمولاً برابر با ۱ است TC_1 و TC_2 و ... ضرائب حرارتی مقاومت (مرتبه اول و مرتبه دوم و ...) می باشند. جدول زیر پارامترهای مدل را برای یک مقاومت نشان می دهد و اگر در دستور Model هر کدام از پارامترها تعیین نشوند برنامه بطور اتوماتیک مقدار default آنها را در نظر می گیرد

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

توصیف المان ها(عناصر پسیو):

■ خازن :

شکل کلی خازنها به یکی از صورت های زیر است.

C (name) N+ N- مقدار

و یا بطور کاملتر

C (name) N+ N- Model Name مقدار $IC=V_0$

مثال برای حالت اول :

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

توصیف المان ها (عناصر پسیو):

- پارامترهای مدل برای خازنها مبتنی بر رابطه زیر بیان می شوند .

$$C = (\text{مقدار خازن}) \times (\text{ضریب } C) \times [1 + VC_1 \times V_0 + VC_2 \times V_0^2] [1 + TC_1 (T - T_0) + TC_2 (T - T_0)^2]$$

که در آن VC_1 و VC_2 ضرایب ولتاژی و TC_1 و TC_2 ضرایب حرارتی خازن می باشند و V_0 پتانسیل اولیه خازن است که با $IC=V_0$ تعریف و تعیین می شود. جدول زیر پارامترهای مدل را برای یک خازن نشان می دهد. اگر در دستور Model. هر کدام از پارامترها تعیین نشوند برنامه بطور اتوماتیک مقدار default آنها را در نظر می گیرد.

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

توصیف المان ها (عناصر پسیو):

■ سلف

شکل ساده بیان سلفها بصورت زیر می باشد:

L(name) N+ N- مقدار

L1 2 3 0.1 UH

L(name) N+ N- Model Name مقدار IC = I0

شکل کاملتر :

I0 بیانگر جریان اولیه سلف است.

مثال :

L12 3 4 SELF 0.1UH IC=-20mA

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

پارامترهای مدل برای سلفها مبتنی بر رابطه زیر بیان می شوند.

$$L = (\text{مقدار سلف}) \times (\text{ضریب L}) \times [1 + IC_1 \times I_0 + IC_2 \times I_0^2] [1 + TC_1(T - T_0) + TC_2(T - T_0)^2]$$

توصیف المان ها (عناصر پسیو):

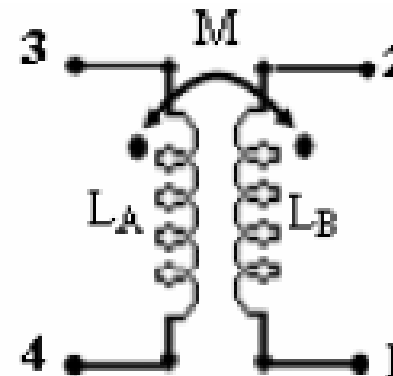
Model Parameters for Inductors			
Name	Meaning	Unit	Default
L	Inductance multiplier	-	1
IC1	First-order Current coefficient	Amper ⁻¹	0
IC2	Second-order Current coefficient	Amper ⁻²	0
TC1	First-order temperature coefficient	1/C ^o	0
TC2	Second-order temperature coefficient	(C ^o) ⁻²	0

■ سلفهای کوپلاژدار :

شکل کلی این نوع سلفها به صورت زیر می باشد.

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

LA 3 4 10UH
 LB 2 5 40UH
 KI LA LB 0.9



مثال:

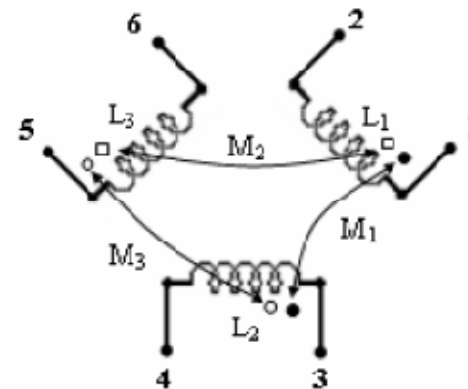
توصیف المان ها (عناصر پسیو):

اگر جای نقطه یکی از سلف ها مثلاً LB عوض شود Net list بشکل زیر خواهد شد:

```
LA 3 4 10UH
LB 5 2 40UH
KI LA LB 0.9
```

یک ترانسفورمر با سر وسط و با ضریب کوپلاژ ۹۹۹/۰ به صورت زیر مدل سازی می شود.

```
L1 1 2 0.8mH
L2 3 4 0.5mH
L3 4 5 0.5mH
K12 L1 L2 0.999
K13 L1 L3 0.999
K23 L2 L3 0.999
```



در صورت یکسان بودن ضریب کوپلاژ، می توان سه عبارت اخیر را بطور خلاصه در یک دستور نوشت:

```
KAL L1 L2 L3 0.999
```


معرفی و مدل سازی و کاربرد عناصر نیمه هادی در برنامه HSpice

- دیود :

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

N+ گره آند ، N- گره کاتد و AREA سطح دیود می باشد .

مثال دیود :

```
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
```

معرفی و مدل سازی و کاربرد عناصر نیمه هادی در برنامه HSpice

■ ترانزیستور BJT :

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

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

■ NC , NB , NE و NS به ترتیب شماره گره های کلکتور، بیس، امیتر و زیربنا می باشند. Model name برای این نوع ترانزیستورها NPN یا PNP می باشد.

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
```

معرفی و مدل سازی و کاربرد عناصر نیمه هادی در برنامه HSpice

ترانزیستور JFET و MESFET :

Model name J(name) ND NG NS

Model ND , NG , NS به ترتیب شماره گره های سورس، گیت و درین می باشند. Model name برای این نوع ترانزیستورها NFET یا PFET می باشد.

۴- ترانزیستور MOSFET :

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

■ ND، NG، NS، NB، AD، PD، AS و PS به ترتیب شماره گره های درین، گیت، سورس، بدنه (Substrate)، مساحت درین، محیط درین، مساحت سورس و محیط سورس می باشند. Model name برای این نوع ترانزیستورها NMOS یا PMOS می باشد.

معرفی و مدل سازی و کاربرد عناصر نیمه هادی در برنامه HSpice

■ ترانزیستور MOSFET :

مثال :

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

■ اسم مدل MOSN می باشد که باید با دستور Model. تعریف شود.

■ بقیه پارامترهای المانهای مدل دار از روی مدل تعیین شده خوانده می شود. در هر مدلی هر پارامتری دارای معنی خاص می باشد ولی در اکثر مدلها این پارامترها یکسان و با یک اسم بیان شده اند. جهت تعیین پارامترهای تمام المانها فوق از دستور MODEL. استفاده می شود .

انواع متغیرهای خروجی

- در هر مداری ولتاژها و یا جریانهای مختلفی را می‌توانیم به عنوان متغیرهای خروجی تعریف کنیم .
- ولتاژ یک گره نسبت به زمین: (شماره گره) V مثال: $V(7)$
- اختلاف ولتاژ دو گره نسبت به هم: $V(N_1, N_2)$ مثال: $V(3, 4)$ یا $V(3,4)$
- اختلاف پتانسیل دو سر یک المان دو سر: (نام المان دو سر) V مثال: $V(D1)$ یا $V(R1)$
- پتانسیل یک سر از یک عنصر سه سر نسبت به زمین: (نام ترمینال عنصر سه سر) V
- مثال: (پتانسیل درین ترانزیستور M_3 نسبت به زمین) $VD(M3)$
- اختلاف پتانسیل دو سر از یک عنصر سه سر: (نام دو ترمینال از عنصر سه سر) V
- مثال: VCE در ترانزیستور Q_4 $VCE(Q4)$
- مشخص نمودن جریان‌ها نیز مثل ولتاژها است. جریان جاری در یک المان در یک شاخه: (نام شاخه) I
- مثال: $I(VX)$ یا $I(R_1)$ یا $I(D_1)$
- جریان ورودی به ترمینال X از یک عنصر سه سر: (نام) IX مثال: $IB(Q2)$ یا $IC(Q3)$
- که اولی جریان ورودی به کلکتور ترانزیستور Q_3 است و دومی جریان ورودی به بین ترانزیستور Q_2 است.

انواع متغیرهای خروجی

مثال :

VM(5)	اندازه ولتاژ گره ۵
VM(4,2)	اندازه ولتاژ بین گره‌های ۴ و ۲
VP(4,2)	اندازه فاز بین گره‌های ۴ و ۲
VDB(6)	اندازه ولتاژ گره ۶ برحسب dB
VCM(Q2)	اندازه ولتاژ کلکتور ترانزیستور Q_2
VDSP(M6)	اندازه فاز VDS در ترانزیستور M6
VR(2,3)	بخش حقیقی اختلاف پتانسیل بین گره‌های ۲ و ۳
VI(2,3)	بخش موهومی اختلاف پتانسیل بین گره‌های ۲ و ۳
IM(D1)	اندازه دامنه جریان در دیود D1
IP(D1)	اندازه فاز جریان در دیود D1
IR(VIN)	بخش حقیقی جریان منبع ولتاژ VIN

انواع متغیرهای خروجی

- در تعریف گره‌های داخل زیر مدار یا ماکرو به عنوان یک خروجی با نقطه متمایز می‌شوند. و به فرم کلی زیر بیان می‌شود.
- نام گره. نام زیرمدار مثال : گره یک از زیر مدار $X1$: $X1.1$
- اگر در یک مدار بزرگ چند تا زیرمدار داشته باشیم و بخواهیم مقادیر ولتاژ یا جریان گره‌های داخل ریز مدار 1 را آدرس دهی کنیم باید به صورت زیر عمل کنیم :
- ولتاژ گره 1 از زیر مدار $X1$ از زیرمدار $XAND$ $V(XAND .X1.1)$ یا گره 1 از زیر مدار $XAND$ $XAND . 1$

انواع تجزیه و تحلیل مدار در برنامه HSpice

□ پنج نوع تجزیه و تحلیل مدار در برنامه HSpice قابل اجراست:

۱. تجزیه و تحلیل dc
۲. تجزیه و تحلیل ac
۳. تجزیه و تحلیل گذرا
۴. تجزیه و تحلیل فوریه
۵. تجزیه و تحلیل نویز

تجزیه و تحلیل dc مدار

■ در همه انواع این تجزیه و تحلیل تمام خازنها مدار باز و تمام سلفها اتصال کوتاه در نظر گرفته می شوند.

.op

این دستور (تجزیه و تحلیل) نقاط کار مدار را بدست می آورد. نقاط کار شامل ولتاژ گرهها، جریان شاخهها و توان مصرفی المانها می باشد. علاوه بر اینها پارامترهای مدل سیگنال کوچک عناصر اکتیو نیز ارائه می گردد. این نتایج در finename.Lis می باشند. شکل کلی این دستور بصورتهای زیر می باشد.

.op

.op [format] [time]

تجزیه و تحلیل dc مدار

.SENS

■ این دستور (تجزیه و تحلیل) حساسیت ولتاژها و یا جریانهای مشخصی از مدار را نسبت به تغییرات پارامترهای مدار ارائه می کند .

« يك يا چند ولتاژ يا جريان » .SENS

مثال :

.SENS V(5) V(2,3) I(V2) I(V5)

.SENS V(9) V(4,3) V(17) I(VCC)

تجزیه و تحلیل dc مدار

- TF. این دستور (تجزیه و تحلیل) مقدار تابع تبدیل سیگنال کوچک، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی مدار را بدست می‌آورد. برای مثال اگر $V(in)$ ولتاژ ورودی و $V(out)$ ولتاژ خروجی باشد بهره ولتاژ دارای تعریف زیر خواهد بود. این نتایج در filename.Lis می‌باشند.

$$A_v = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} = \frac{V(out)}{V(in)}$$

برای بیان بهره ولتاژ فوق از دستور زیر استفاده می‌کنیم :

•TF Vout Vin

شکل کلی این دستور بصورت زیر می‌باشد.

•TF Y X

که X و Y ولتاژ یا جریان نقاط مختلف می‌باشند.

تجزیه و تحلیل dc مدار

■ **.DC** با این دستور (تجزیه و تحلیل)، مشخصه انتقالی مدار بدست می آید .

■ ورودی بطور dc بین دو حد مشخص تغییر می کند و خروجی اندازه گیری شده و سپس منحنی خروجی برحسب تغییرات ورودی ارائه می گردد.

.DC Input Start Value Stop Value Increment Value

.DC Vin -5V 10V 0.25V : مثال

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

مثال

■ **Oct or Dec** نشان دهنده طرز تغییرات ورودی و **NP** معرف تعداد گامها در هر **Octave** یا **Decade** می باشند.

■ اگر دو ورودی در مدار وجود داشته باشند که هر دو بصورت **DC** در حوزه مشخصی تغییر کنند می توانیم برای هر دو آنها با یک دستور **.DC** این تجزیه و تحلیل را انجام دهیم .

.DC In1 Start Value1 Stop Value1 Inc. Value1 In2 Start Value2 Stop Value2 Inc. Value2

.DC In1 <Oct or Dec> NP1 Start Val.1 Stop Val.1 In2 <Oct or Dec> NP2 +Start Val.2 Stop Val.2

مثال:

.Dc Iref dec 5 10nA 10uA Vtest dec 2 0.5 5

تجزیه و تحلیل ac (.AC)

■ این تجزیه و تحلیل پاسخ فرکانسی را در یک پهنای باند مشخص از فرکانس بدست می آورد و برحسب درجه بندی شدن محور فرکانس به یکی از سه صورت کلی زیر نوشته می شود. برای این نوع تجزیه و تحلیل باید یک ورودی AC یا یک ورودی Mixed تعریف شود.

.AC	LIN	NP	FStart	FStop
.AC	OCT	NP	FStart	FStop
.AC	DEC	NP	FStart	FStop

تجزیه و تحلیل ac (AC).

- LIN به معنی درجه بندی شدن محور فرکانس از FStart تا FStop بصورت خطی ، OCT بصورت لگاریتمی در مبنای ۸ و DEC بصورت لگاریتمی در مبنای دهدهی می باشند. NP (Number of points) : اگر تجزیه و تحلیل با LIN انجام می گیرد تعداد فرکانس هایی را نشان می دهد که تجزیه و تحلیل در آن نقاط انجام می گیرد. اگر از OCT یا DEC استفاده شود NP معرف تعداد فرکانس هایی است که در هر Octave و یا در هر Decade مورد بررسی قرار می گیرد.
- از تجزیه و تحلیل AC LIN. برای پهنای باندهای باریک و از AC OCT. برای پهنای باندهای متوسط و از AC DEC. برای پهنای باند بزرگ استفاده می شود.
- **تبصره** : می توان با دستورهای زیر تجزیه و تحلیل AC را به ازای مقادیر مختلف یک ورودی یا به ازای دماهای مختلف انجام داد.

تجزیه و تحلیل ac (.AC)

مثال:

.AC	LIN	150	100Hz	300Hz	باند باریک
.AC	OCT	10	100Hz	10kHz	باند متوسط
.AC	DEC	10	100Hz	10MHz	باند عریض

■ می‌توان با دستورهای زیر تجزیه و تحلیل AC را به ازای مقادیر مختلف یک ورودی یا به ازای دماهای مختلف انجام داد.

.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

مثال :

.AC	dec	10	100	100k	sweep	Iref	dec	2	10n	10u
.AC	dec	10	100	100k	sweep	temp	25	50	75	100

تجزیه و تحلیل گذرا TRAN.

- در این تجزیه و تحلیل پاسخ گذرای یک مدار در حوزه زمان برای یک ورودی معینی در حوزه زمان مشخص می‌گردد.

.TRAN TSTEP TSTOP <UIC>

.TRAN TSTART TSTOP TSTEP <UIC>

- TSTEP زمانی است که هر بار به زمان قبلی اضافه شده و در آن لحظه مدار تجزیه و تحلیل می‌گردد.

- TSTOP زمان انتهای تجزیه و تحلیل است.

- TSTART زمان شروع تجزیه و تحلیل است و اگر نوشته نشود برنامه به طور اتوماتیک آن را صفر فرض می‌کند.

- UIC از حروف اول کلمات Use Initial Conditions اخذ شده است. اگر خازنها و سلفها دارای شرایط اولیه باشند و بخواهیم در تجزیه و تحلیل گذرا این شرایط اولیه در نظر گرفته شوند باید از کلمه UIC در داخل دستور TRAN استفاده شود.

- اگر TSTART نوشته نشود کامپیوتر مقدار آن را صفر در نظر خواهد گرفت.

.TRAN 5uS 1mS 200uS

- یعنی مدار را بین زمان 5uSec تا 1 mSec و به فواصل 200uSec تجزیه و تحلیل گذرا کن.

تجزیه و تحلیل گذرا TRAN.

مثال : فرض کنید یک خازن و یک سلف با شرایط اولیه در مدار وجود دارد در این صورت دستور TRAN به شکل زیر نوشته می شود.

CX	3	4	10uF	IC= -2.5V
LY	10	0	0.5uH	IC= 24.3mA
.TRAN	5uS	1mS	UIC	

■ برای سلفها و خازنها فقط در رابطه با تجزیه و تحلیل گذرا باید IC=X (شرایط اولیه) را مشخص نمود و در رابطه با بقیه تجزیه و تحلیلها احتیاجی به این کار نیست .

تجزیه و تحلیل گذرا TRAN.

■ لازم نیست شرایط اولیه مدار از طریق تعریف در سلف و خازن نوشته شود. می توان با دستور IC. به هر کدام از گره های مدار شرایط اولیه دلخواهی را نسبت داد و از برنامه خواست با توجه به آن شرایط اولیه، مدار را تجزیه و تحلیل کند. شکل کلی دستور IC. به صورت زیر است .

■ IC $V(1)=V_1$ $V(2)=V_2$ $V(3,4)=V_3$...

■ اگر از دستور IC. استفاده شود دیگر نباید در دستور TRAN. بخش UIC نوشته شود.

■ می توان با دستورهای زیر تجزیه و تحلیل Transient را به ازای مقادیر مختلف یک ورودی یا به ازای دماهای مختلف انجام داد.

.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.

مثال :

.Tran 5uS 1mS UIC sweep Iref dec 2 10n 10u

.Tran 5uS 1mS UIC sweep temp 25 50 75 100

تجزیه و تحلیل فوریه FOUR.

■ یک سیگنال پریودیک را می توان توسط رابطه سری فوریه به صورت زیر نشان داد .

$$V(\omega) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin(n\omega + \phi_n)$$

HSpice با استفاده از نتایج تحلیل گذرا ضرایب ۹ هارمونیک اول از سری فوریه را بدست می آورد.
شکل کلی دستور Four به صورت زیر است :

.Four FREQ X1 X2 ... Xn

X_i ها ولتاژها و جریانهای خروجی هستند که مایلیم سری فوریه آنها را بدانیم و FREQ فرکانس هارمونیک اول می باشد.
مثال :

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

تجزیه و تحلیل نویز NOISE.

■ در HSpice ، تجزیه و تحلیل Noise همراه با تجزیه و تحلیل AC میسر است . مقادیر نویز در خروجی تحلیل AC می باشد . برای هر فرکانس تمام منابع نویز مدار محاسبه شده و اثر مجموعه آنها در خروجی به صورت کل نویز خروجی وارد می گردد .

.NOISE V(N+,N-) Source [M]

رابطه $V(N+,N-)$ ولتاژ خروجی بین دو گره $N+$ و $N-$ است .

Source نام یک منبع ولتاژ و یا منبع جریان مستقل در ورودی مدار است که نویز به صورت ولتاژ $\overline{V_n^2}$ و جریان $\overline{I_n^2}$ نسبت به آن منبع محاسبه می گردد

مثال :

.Noise V(4,5) Vin

.Noise V(6) Iin

چاپ و رسم نمودن خروجی‌های مورد نظر و مشاهده نتایج تجزیه و تحلیل‌های مختلف

■ دستوراتی که به کمک آنها می‌توان نتایج تجزیه و تحلیل‌های پنجگانه را مشاهده نمود
.PLOT .PROBE .PRINT

■ **.PRINT** برای چاپ نتایج بصورت گرافیکی و عددی بکار می‌رود این اعداد با توجه به نوع تجزیه و تحلیل بصورت زوج مرتب (مثلا در تجزیه و تحلیل گذرا ولتاژ یا جریان خواسته شده در دستور **.PRINT** به همراه زمان) ارائه می‌گردند. از این اعداد می‌توان بعنوان داده (مثلا در Matlab) استفاده کرد و پردازشها مورد نظر را انجام داد.

■ **.PROBE** برای رسم منحنی تغییرات پارامترهای مورد نظر بکار می‌رود.

■ **.PLOT** همان نقش **.PROBE** را دارد منتهی با کیفیت و امکانات بسیار پائین و به همین دلیل در مورد آن بحثی نخواهیم داشت.

دستور PRINT.

■ نتایج تجزیه و تحلیل‌های DC ، AC ، گذرا و NOISE را می‌توان با کمک دستور PRINT. بصورت گرافیکی و عددی بدست آورد
مثال :

متغیرهای خروجی مور دنظر
.PRINT NOISE

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

.PRINT AC V(1) V(2) I(R2) I(C1)

.PRINT TRAN V(in) V(out)

دستور PRINT.

■ با یک PRINT فقط اطلاعات مربوط به ۳۲ متغیر را می توان محاسبه و ضبط نمود و برای محاسبه و ضبط متغیرهای بیشتر می باید به تعداد دستوره های PRINT اضافه نمود.

■ می توان در دستور PRINT بجای "متغیرهای خروجی مورد نظر"، یک یا چند پارامتر دیگری را بصورت تابعی از ولتاژ یا جریانهای نقاط دیگر تعریف کرد. این پارامتر بعد از اجرا، در داخل خروجی تحلیل مربوطه به عنوان یک متغیر با نوع Params ظاهر می شوند که با کلیک کردن روی آن می توان شکل موج توابع تعریف شده را دید. البته تعریف کردن توابع (یا رسم تابعی از چند متغیر) بعد از اجرا کردن، در خود محیط Avancvaves قابل اجراست و نیاز به تعریف کردن در این قسمت نیست. می توان برای توابع، اسم نیز در نظر گرفت مثل gain در مثال زیر.

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

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

دستور PROBE.

- برای دیدن شکل موجهای خواسته شده در تجزیه و تحلیل‌های DC، AC و TRAN از دستور PROBE استفاده می‌شود.
- اگر بخواهیم تمام متغیرها را در تمام تجزیه و تحلیل‌ها مشخص شده ببینیم این دستور دارای شکل PROBE خواهد بود.
- مثال :

.Probe	DC	متغیرهای خروجی مورد نظر			
.Probe	DC	V(2)	V(3,5)	V(R1)	VCE(Q3)
.Probe	AC	V(1)	V(2)	I(R2)	I(C1)
.Probe	TRAN	V(in)	V(out)		
.Probe	TRAN	par('(20*log10(v(out)/v(in2))))')			
.Probe	AC	gain = PAR('v(3)/v(2)')	PAR('v(4)/v(2)')		

دستور SUBCKT.

■ اگر یک مدار مشخص بعنوان یک بخش کوچک از یک مدار بزرگ چندین بار در جاهای مختلف یک مدار بزرگ تکرار شود می توان با دستور SUBCKT. یک زیر برنامه برای آن بخش تکرار شونده نوشت و سپس از آن زیر برنامه در نوشتن کل برنامه برای مدار استفاده کرد (مانند Subroutine در برنامه)

■ نوشتن زیر برنامه :

شماره های چند گره < یک نام دلخواه برای زیر برنامه > .SUBCKT

توصیف زیر برنامه : برنامه مربوط به بیان المان های زیر مدار

< همان نام دلخواه بالایی > .ENDS

دستور SUBCKT.

- شماره گرههایی که در جلو دستور SUBCKT. و یا در داخل زیر برنامه نوشته می شوند گرههای محلی می باشند یعنی می توان همان شمارهها را در داخل برنامه اصلی یا در زیر برنامه دیگری استفاده کرد.
- زیر برنامه فقط شامل عناصر مدار می باشد و به جز دستور MODEL. از هیچ دستور نقطه دار نباید در زیر برنامه استفاده شود.
- زیر برنامه را می توان در هر کجای برنامه اصلی قرار داد یا می توان در فایل دیگر نوشت و در داخل برنامه اصلی آن را صدا کرد. اگر زیر برنامه در فایل دیگری نوشته شود باید در اول برنامه اصلی با استفاده از دستور include. آن را فراخوانی کرد.
`.include "E:\Project\Amplifier.sp"`

دستور .SUBCKT

مثال :

```
.SUBCKT STMA 5 6 0
R1 1 2 1k
R2 2 0 1k
RD 1 3 10k
C1 5 2 10u
C2 3 6 1u
M1 3 2 0 0 MOS1
VCC 1 0 5dc
.MODEL MQ1 NMOS(VT0=1 BETA=5E-4 RD=4)
.ENDS STMA
```

■ طرز استفاده از زیر برنامه :

پس از نوشتن زیر برنامه می توانیم با دستوری به شکل زیر از آن استفاده کنیم.

< شماره چند گره متناظر با گره های زیر برنامه > < نام انتخاب شده برای زیر برنامه > X(name)

مثال :

```
X1 6 7 0 STMA
X2 4 5 0 STMA
```

دستور Data.

- با این دستور می توان برای یک پارامتری چند تا داده تخصیص داد و بعد به ازای این داده ها مدار را تجزیه و تحلیل کرد. (برای ساختن Table)

```
.DATA dataname pnam1 pnam2 pnam3 ...
```

مقادیر برای pnam3 و pnam2 و pnam1 (به ترتیب)

```
.ENDDATA
```

مثال:

```
.AC dec 10 100 10meg SWEEP DATA = dataname
```

```
.TRAN 1n 10n SWEEP DATA = dataname
```

دستور Data

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
```

- در مثال فوق تحلیل Tran ، AC و DC (به ازای هر دما) سه بار (تعداد داده‌ها) انجام می‌گیرند .

دستور Param.

- با این دستور می‌توان به یک پارامتری یک عدد را تخصیص داد و بعد از آن پارامتر به عنوان یک ثابت در جاهای مختلف برنامه استفاده کرد .
مثال :

```
.PARAM P1 = 5 P2 = 10  
M1 3 2 0 0 MOS L = P1 W = P2
```

- یا یک عبارتی به یک متغیر نسبت بدهیم و بعد از آن در دستور یا استفاده کرد.

```
.PARAM <ParamName>='<Expression>'  
.prob ac Rout = param('V(3)/i(4)')
```

دستور Lib.

■ با دستور LIB. فایل Text ای که شامل پارامترهای یک یا چند مدل می باشد ساخته می شود بعد بجای دستور Model. استفاده می گردد

مثال : ساختار فایل Library برای سه مدل مختلف

```
.LIB  entryname1
entryname1  پارامترهاي مدل
.ENDL entryname1
.LIB entryname2
entryname2  پارامترهاي مدل
.ENDL entryname2
.LIB entryname3
entryname3  پارامترهاي مدل
.ENDL entryname3.
```

که entry name ها نام مدل های مختلف می باشند.

طرز فراخوانی Library :

■ جهت فراخوانی Library در داخل برنامه می توان از دستورهای زیر استفاده کرد.

.Include ‘<filepath> filename’

.LIB ‘<filepath> filename’ entryname

مثال:

.Include ‘E:\ STORE\ STMA . LIB’

دستور .NET

- برای تحلیل پارامترهای مربوط به شبکه (حداکثر ۲ پرتی)

One-port network:

.NET input <RIN = val>

or

.NET input <val >

دستور .NET

Two-port network:

```
.NET output input <ROUT = val> <RIN = val>
```

One-port network:

```
.NET VINAC RIN = 50
```

```
.NET IIN RI N = 50
```

Two-port network:

```
.NET V(10,30) VINAC ROUT = 75 RIN = 50
```

```
.NET I(RX) VINAC ROUT = 75 RIN = 50
```

AC Network Analysis - Output Specification

Syntax

$X_{ij}(z)$, $ZIN(z)$, $ZOUT(z)$, $YIN(z)$, $YOUT(z)$

where:

X Specifies Z for impedance, Y for admittance, H for hybrid, and S for scattering
i and j can be 1 or 2. They identify which matrix parameter is to be printed.

پایان