دانشکده مهندسی برق

جزوه خودآموز HSPICE

استاد:

دکتر آسمانی

روند پیدایش و تکامل HSPICE :

Hspice که تکامل یافته مدل های Spice، Spice2G.6، Spice3، میباشد در سال ۱۹۸۱ برای اولین بار معرفی شد.در سال ۱۹۸۴ نسخه پیشرفته تر آن قادر به تحلیل مداری با ۵۰۰۰۰ گره بود. در سال ۱۹۸۷ بهینه سازی هایی برای افزایش سرعت ودقت شبیه سازی روی آن انجام گرفت ، به طوری که در سال ۱۹۸۸ سرعت آن به ۱۰ تا ۱۰۰ برابر افزایش یافت در حالیکه قادر بود مداری با ۱۰۰۰۰۰ ترانزیستور را شبیه سازی کند.
هم اکنون می توان گفت HSPICE یکی از قدرتمندترین نرم افزارهای شبیه سازی مدار های الکترونیکی می باشد. و لذا می توان ازاین نرم افزار در دروس مربوط به مدار های مجتمع سود برد.

- **طریقه نصب HSPICE 2008** :

میتوانید نرم افزار را از سایت دانشگاه کپی کنید:
U:\Engsoft\Hspice\hspice_VA_2008.03

۱-از پوشه ی (Hspice_VA_2008.03) فایل setup را اجرا می کنیم تا این که برنامه نصب شود.

۲- فایل Hspice.exe را از درون Crack به درون پوشه
(C:\synopsys\Hspice_A-2008.03\Bin\) می ریزیم.

۳- فایل های License (hspice_2007-09.lic و license_hspice.dat) به درون پوشه
(C:\Flexlm\) میریزیم.

۴- با انجام Right click روی my computer گزینه properties را انتخاب می کنیم تا با باز شدن صفحه system properties گزینه Advanced را انتخاب می کنیم و روی Click , Enviroment variables می کنیم.

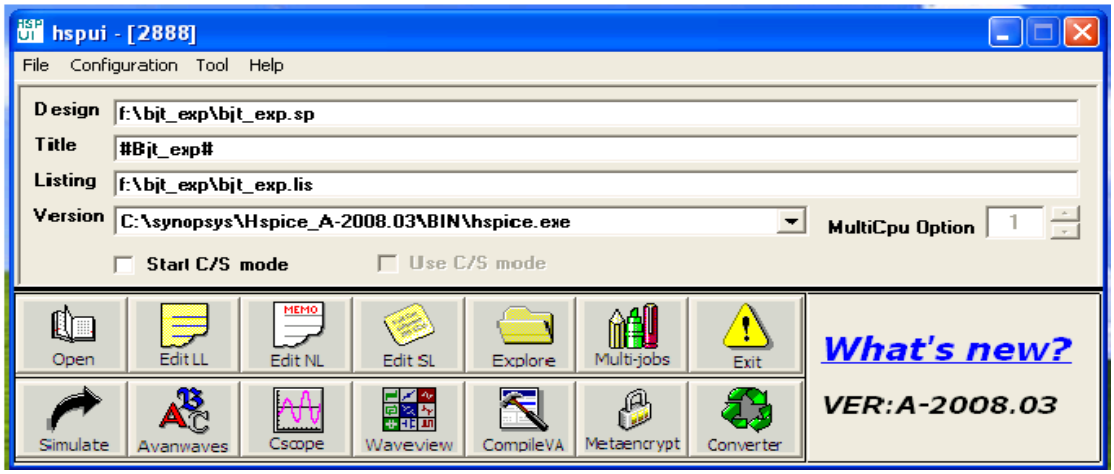
۵- با باز شدن صفحه Enviroment variables در قسمت user variables , new را می زنیم.

۶- new user variable : در قسمت Variable name ، LM_LICENSE_FILE را نوشته و در قسمت variable value: C:\Flexlm\hspice_2007-09.lic را می نویسیم و Ok می کنیم.

۷- اکنون نرم افزار آماده کار می باشد:
Allprograms\Hspice_A-2008.03\Hspice-2008.03
را انتخاب می کنیم.

- **شمای کلی نرم افزار:**

با باز شدن صفحه نرم افزار icon های زیر قابل ملاحظه هستند:



Open : برای باز کردن فایل توصیف مدار با پسوند sp.

Edit LL: برای مشاهده فایل متنی خروجی که در صفحه notepad باز می شود و برخی اطلاعات مربوط به نتایج فایل شبیه سازی شده ، پس از شبیه سازی در آن نوشته می شود.

Edit NL: با انتخاب این گزینه فایل توصیف مداری که در ابتدا از open باز کرده بودیم برای تغییر در دسترس قرار می گیرد.

Edit SL: یک سری اطلاعات از حجم فضای اشغال شدهدر طول شبیه سازی به ما می دهد.

Explore: پوشه مربوط به فایل شبیه سازی شده را باز می کند.

Exit: برای خروج از نرم افزار.

Simulate: دستور شبیه سازی فایل مدار

Avanwaves: نرم افزار جانبی برای مشاهده شکل موج های خروجی حاصل از simulation

Cscope,Waveview: برای نمایش شکل موج های خروجی که این نرم افزار های جانبی باید به صورت جدا نصب شوند.

- چگونه یک فایل **Netlist** بنویسیم:

برای نوشتن یک فایل قابل فهم برای Hspice ابتدا یک فایل متنی (Text) تولید می کنیم.
و سپس پسوند آن را از TXT. به SP. تغییر می دهیم.داخل فایل را آن طور که در ادامه گفته می شود به توصیف مدار از طریق نام گره ها و عناصر بین آن گره ها ، و بیان تحلیل های مورد نظرمی پردازیم.

با گسترش و پیچیدگی روزافزون مدارهای الکترونیکی استفاده از کامپیوتر در تجزیه و تحلیل اینگونه مدارها از ضرورت برخوردار است. کامپیوترکمک می‌کند تا بتوانیم بینش خود را در موارد زیر، دربارهٔ مدارهای الکترونیکی تعمیق دهیم :

۱- بررسی اثر تغییرات اجزاء مدار و محاسبه حساسیت رفتار مدار نسبت به آن (شامل مقاومت‌ها، سلفها، خازن‌ها، دیودها و ترانزیستورها و ...)

۲- درنظر گرفتن آثار غیر خطی المان‌ها در رفتار مدار

۳- بهینه‌کردن مدار با توجه به موارد فوق

٤- بررسی رفتار مدار از نظر نویز و اعوجاج‌ها و همچنین از نظر تجزیه و تحلیل در حوزهٔ فرکانس و بدست‌آوردن طیف فرکانسی بر مبنای تجزیه و تحلیل فوریه بدون اینکه نیاز به استفاده از دستگاه‌های گران قیمتی مانند Noise Figure Meter و یا Spectrum Analyzer داشته باشیم .

برنامه HSpice

HSpice برنامه‌ای برای شبیه‌سازی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی می‌باشد. این برنامه قابلیت تجزیه و تحلیل‌های زیر را در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی دارد .

۱- تجزیه و تحلیل dc ۲- تجزیه و تحلیل گذرا

۳- تجزیه و تحلیل نویز ٤- تجزیه و تحلیل ac

۵- تجزیه و تحلیل فوریه

در برنامهٔ HSpice مدارها می‌توانند شامل مقاومت، خازن، سلف (بدون تزویج متقابل و با تزویج متقابل) کلیدهای کنترل‌شده با جریان یا ولتاژ، منابع ولتاژ و جریان مستقل و وابسته و عناصر نیمه‌هادی مانند دیود، ترانزیستور، JFET، MESFET و MOSFET باشند. برنامه HSpice قادر است خطوط انتقال را هم بعنوان یک عنصر مداری بررسی نماید.

در استفاده از برنامه HSpice برای تجزیه و تحلیل مدارها چهار مرحله اساسی زیر را باید در نظر گرفت:

۱- تبدیل مدار به یک برنامه (file Netlist) قابل فهم برای HSpice

۲- تعیین نوع تجزیه و تحلیل مورد نیاز

۳- تعیین ورودی و خروجی‌های مورد نظر

٤- اجرا کردن برنامه و دیدن شکل موجهای نقاط مختلف مدار

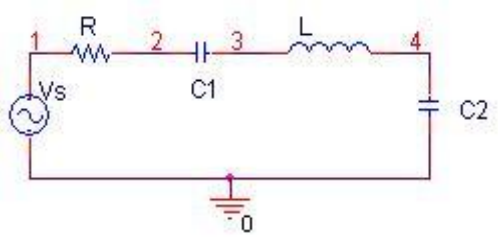
تخصیص شماره یا اسم به گره

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 می‌شوند: با نام (حرف یا کلمه) یا با شماره (عدد) . در نامگذاری گرهها بصورت غیر عددی، نام گره‌ها نباید بیشتر از ١٦ کاراکتر باشد و حتما" با یکی از حروف الفبا آغاز گردد. در نامگذاری می‌توان از کاراکترهای زیر استفاده کرد.

! # $ % * + - / < > [ ] _

گره‌های مدار در برنامهٔ HSpice از شماره 0 تا $1E16-1$ شماره‌گذاری می‌شوند. گره 0و *GND* و *GND*! و همگی نمایانگر گره زمین هستند. ترتیب شماره‌گذاری بقیه گره‌ها مهم نیست. در شماره گذاری گرهها می‌توان بجای اعداد از اسمهای مختلفی (جهت خواناتر شدن یا معنی دار شدن اسم گرهها) از جمله in1, in2, o, out3, insx, outsx و غیره استفاده کرد.

تمام گره‌ها باید از طریق یک مسیر dc قابل اتصال به زمین باشند. این مسیر می‌تواند از طریق مقامت‌ها، منابع تغذیه، سلف‌ها، دیودها و ترانزیستورها ایجاد شود. اگر در یک مدار گره‌ای وجود داشته باشد که هیچ مسیر dc به زمین نداشته باشد، می‌توان با اضافه نمودن یک یا چند مقاومت بزرگ به نقطه مناسب مدار آن مسیر را ایجاد کرد. بدیهی است که چون مقاومت اضافی بسیار بزرگ انتخاب می‌شود دخالتی در طرز کار مدار نخواهد داشت. برای مثال در شکل ١، گره ٤ و یا ٣ هیچ مسیر dc به زمین ندارد. با اضافه نمودن یک مقاومت بزرگ موازی با خازن C_2 این مسیر ایجاد می‌گردد.



شکل ١

با استفاده از دستور GLOBAL. می‌توان گره مورد نظر را در کل مدار مشترک کرد. اگر گرهی بصورت GLOBAL تعریف شود آن گره در تمامی زیر برنامه ها و برنامه، یک گره در نظر گرفته می‌شود.

مثال:

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 زیر مدار داشته باشیم و بخواهیم مقادیر ولتاژ یا جریان گره‌های داخل زیز مدار I را آدرس دهی‌کنیم باید به‌صورت زیر بنویسیم :

مثلا : ولتاژ گره ۱ از زیر مدار X1 در زیرمدار XAND V(XAND .X1.1)

تخصیص مقدار به المانها یا پارامترهای آنها

مقادیر اجزاء مدار در برنامهٔ HSpice می‌توانند اعداد صحیح مثبت و منفی و یا اعشاری و یا نمایی باشند. برای مثال اعدادی مثل ۱۲ ۰/۰۱۲- ٤-E ۳/۱٤ قابل قبول‌اند.

می‌توان از حروف لاتین بعنوان پسوند با اعداد برای بیان ضریب عدد استفاده کرد. جدول زیر حروف مربوطه و معادل آنها را نشان می‌دهد.

F	10^{-15}	femto	K		
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			

تبصره: حرف m یا M برای mili است و برای 10^{6} باید از MEG استفاده شود.

در HSpice حروف زیر برای نشان دادن واحدهای مشخص بکار می‌روند.

A: ampere	Hz: hertz	H: henry	DEG: degree
V: Volts	OHM: ohm	F: farad	

روش بیان المانها

در برنامهٔ HSpice هر نوع عنصر یا المان مدار دارای یک اسم است که این اسم با یک حرف مشخص شروع می‌شود. جدول زیر اولین حرف در نامگذاری اجزاء مدار را برای المان‌های مختلف مشخص می‌کند.

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

اسم هر عنصر می‌تواند دارای ۱۶ کاراکتر مختلف باشد و از آن ۱۶ کاراکتر حرف اول حتماً باید مطابق جدول قبل انتخاب گردد بقیه کاراکترها می‌توانند شامل حرف و عدد باشند که بطور دلخواه انتخاب می‌گردند. در اسم گذاری تفاوتی بین حروف کوچک و بزرگ وجود ندارد.

فرمت نوشتن المانهای دو سر

بطورکلی فرمت نوشتن یک عنصر دو سر از یک مدار در برنامهٔ HSpice به صورت شکل زیر است.

نام المان N+ N– مقدار

N+ و N– شمارهٔ دو گره‌ای هستند که المان بین آن دو گره قرار گرفته است و فرض بر اینست که جریان از گره N+ به سمت گره N– جاری است.

بیان مدل برای المان

گاهی مقدار یک المان، تابع پارامترهای مختلفی است در این‌گونه موارد پس از تعیین محل المان در مدار، اثر پارامترها را با یک "اسم مدل" و سپس نوع مدل را توسط دستور **.Model** تعیین می‌کنند. در اینگونه موارد فرمت کلی بیان المان به شکل زیر است.

نام المان N+ N– نام مدل [مقدار]

برای بیان دقیق یک المان در HSpice از دستور MODEL . استفاده می‌شود. می‌توان از "یک نام مدل" و یک دستور **.**MODEL برای چندین عناصر مشابه در مدار استفاده کرد. شکل کلی دستور**.**MODEL به صورت زیر است .

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

MNAME اسمی‌انتخابی است که بعنوان "نام مدل" برای المان انتخاب می‌شود . TYPE مشخص‌کننده نوع المانی است که میخواهیم آنرا مدل کنیم. جدول زیر نحوه انتخابTYPE را بیان می‌کند. P_1 , P_2 ... P_n پارامترهای مربوط به المان و X_1, X_2 ... X_n به ترتیب مقادیر آن پارامترها می‌باشند.

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

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=70V
```

در اینجا دیود D1 بین گره‌های ۲ و ٦ قرار گرفته است و دارای "نام مدل" بنام D914 است. پس از اینکه برنامه HSpice این سطر را خواند دنبال سطری خواهد گشت که در آن مقادیر پارامترهای دیود مشخص شده باشد و آن سطری است که با دستور .MODEL شروع می‌شود و در آن دستور دیود با نام مدل D914 تشریح شده است. حرف D برای تعیین type المان مدل شده (برای دیود) بکار رفته است .

منابع ولتاژ و جریان در HSpice

منابع ولتاژ و جریان در HSpice به دو دسته مستقل و وابسته تقسیم می‌شوند. منابع مستقل شامل منابع dc، منابع ac ، منابع پالسی Pulse ، منبع پاره‌خطی Piece Wise Linear(PWL)، منبع FM (مدوله شده با یک tone) ، منبع AM، منبع چند جمله‌ای و منبع نمائی و منبع Mixed می‌باشند.

منابع مستقل

منبع ولتاژ یا جریان dc

منبع ولتاژ و جریان DC در HSpice به ترتیب با صورت کلی زیر بیان می‌شوند.

Vx N+ N- Dc مقدار یا Vx N+ N- مقدار

Ix N+ N- Dc مقدار یا Ix N+ N- مقدار

N+ و -N به ترتیب سر مثبت و منفی منبع می‌باشند. نمایش منابع جریان نیز مانند منابع ولتاژ می‌باشد با این تفاوت که واحدها برحسب آمپر و اسم منابع با I شروع می‌شود.

مثال برای منبع ولتاژ: VCC 15 0 DC 10V یعنی منبع ولتاژ VCC بین گره ۱۵ و زمین قرار گرفته و مقدار آن $10V$ است. کلمه DC قابل حذف است ضمنا می‌توان بصورت DC=10 نیز نوشت.

مثال برای منبع جریان: Ims 15 0 DC 10mA یعنی منبع جریان Ims بین گره ۱۵ و زمین قرار گرفته و مقدار آن $10mA$ است.

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 $Vx = A\sin(wt+q)$ در بین گرههای ۱ و زمین بصورت زیر می‌نویسیم :

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

منبع ولتاژ یا جریان AC با آفست DC

اگر منبعی دارای مقدارAC و DC داشته باشد به صورت زیر بیان می‌شود.

Vx N+ N- DC مقدار AC مقدار فاز

Ix N+ N- DC مقدار AC مقدار فاز

مثلا برای بیان $Vx = A + B\sin(wt + q)$ در بین گرههای ۱ و زمین بصورت زیر می‌نویسیم :

$Vx\ 1\ 0\ \ DC = A\ \ ac = B,q \qquad or \qquad Vx\ 1\ 0\ DC\ A\ ac\ B\ q$

منبع ولتاژ یا جریان سینوسی

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

Vx N+ N- SIN V_0 V_A FREQ TD ALPHA TETA
Ix N+ N- SIN I_0 I_A FREQ TD ALPHA TETA

+N و –N شمارهٔ دو گره‌ای هستند که منبع Vx یا Ix بین آن دو گره قرار گرفته است. عبارتهای بالا به ترتیب از روی روابط زیر نوشته شده‌اند.

$$V(t) = V_0 + V_A e^{-a(t-td)} Sin[2pf(t-td)+q]$$

$$I(t) = I_0 + I_A e^{-a(t-td)} Sin[2pf(t-td)+q]$$

که در معادله ولتاژ V_0سطح ولتاژ DC منبع سینوسی، V_A دامنه منبع سینوسی ، f = FREQ فرکانس، td = TD تأخیر زمانی، α = ALPHA ضریب تضعیف دامنه و θ=TETA فاز آن می‌باشند.

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 کیلو هرتز(kHZ) می‌باشد.

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

مثال دیگر: فرض کنید بخواهیم منبع $V(t) = 1 + 10Sin(2p \times 10^4 + 30^\circ)$ (بین گره ۳ و ٤) را در برنامه بنویسیم این منبع بصورت زیر نوشته می‌شود.

Vin 3 4 Sin 1V 10V 1e4Hz 0 0 30

و یا اگر بخواهیم منبع $V(t) = 2 - 3e^{-10(t-20\times10^{-6})} Sin(2p \times 10^4 (t - 20\times10^{-6}))$ (بین گره ۱۰ و زمین) را بنویسیم این منبع بصورت زیر نوشته می‌شود.

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

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 .

Vx N+ N- Pulse V_1 V_2 TD TR TF PW PER
Ix 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 صفرکه دارای ولتاژ اولیه صفر بوده، پس از تأخیر TD = 5uSec به ۵ ولت می‌رود و به اندازه TW = 500uSec در۵ ولت باقی می‌ماند. دارای Rise time = 5usec ، Fall time =10us و پریود 1mSec است .

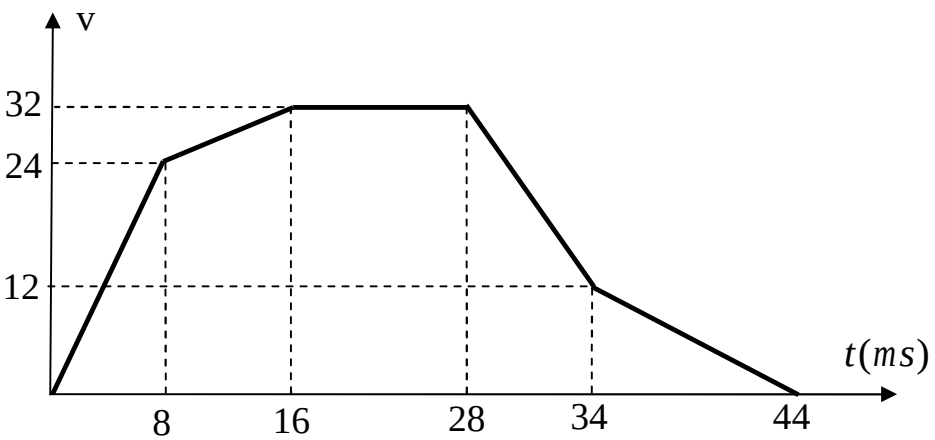
منبع ولتاژ یا جریان پاره‌خطی (Piece Wise Linear)

این منابع بصورت شکل کلی زیر می‌باشند:

Vx N+ N- PWL T_1 V_1 T_2 V_2 T_3 V_3 … T_n V_n R T_d
Ix N+ N- PWL T_1 I_1 T_2 I_2 T_3 I_3 … T_n I_n R T_d

منبع ولتاژ در لحظه T_i دارای ولتاژ V_i می‌باشد 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 می‌کند . R برای نشان دادن تعداد دفعات تکرار موج بین زمانهای T_d تا T_n (برای بعد از زمانT_n) می‌باشد نکته اینکه T_d حداقل باید از T_n کوچکتر باشد. برای مثال منبع شکل ۲ را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود :

Vin 1 0 PWL 0 0 8us 24v 16us 32v 28us 32v 34us 12v 44us 0v



شکل ۲

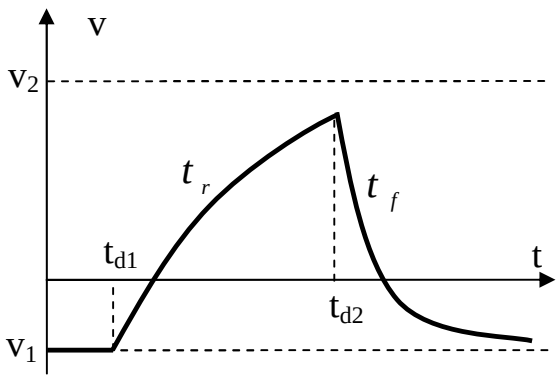
منبع ولتاژ یا جریان نمائی

این نوع منابع به ترتیب دارای شکل کلی زیر می‌باشند.

Vx N+ N- EXP V_1 V_2 TD1 RTC TD2 FTC
Ix N+ N- EXP I_1 I_2 TD1 RTC TD2 FTC

که در روابط فوق TD1 زمان تاخیر اولیه، RTC = Rise time constant ، TD2 زمان تاخیر ، FTC = Fall time constant ، V_1 ولتاژ شروع و V_2 ولتاژ انتهائی می‌باشند.

مثال شکل ۳: VSS N+ N- EXP 0 10V 5us 20us 100us 30us



شکل ۳

منبع ولتاژ یا جریان با مدولاسیون FM

این منبع از روی رابطه زیر تعریف می‌گردد و بیانگر یک موج سینوسی مدوله شده با یک فرکانس می‌باشد.

$$V(t) = V_0 + V_A \; Sin[2pf_C t + M \; Sin2pf_S \; t]$$

شکل کلی این نوع منابع به صورت زیر است.

Vx N+ N- SFFM V_0 V_A F_C Mdi F_S

Mdi همان M یا ضریب مدولاسیون است.

مثال :

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

ضریب مدولاسیون ۱۵ درصد است. منبع جریان با مدولاسیون FM نیز بصورت فوق تعریف می‌شود با این تفاوت که در منبع جریان بجایV از I استفاده می‌شود.

ISX 2 0 SFFM 0 1mA 30MEGHz 15 5kHz

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 به‌طور فاز مدوله شده است تعریف می‌گردد.

$$V(t) = S_a \{O_C + Sin[2pf_m (t - T_d)] Sin2pf_c \, (t - T_d)\}$$

شکل کلی این نوع منابع به صورت زیر است.

Vx N+ N- AM S_a O_C Fm F_c T_d

مثال :

VSX 2 0 AM 10 1V 5kHz 30MEGHz 1m

برای منبع جریان نیز بصورت فوق تعریف می‌شود با این تفاوت که در منبع جریان بجایV از I استفاده می‌شود.

ISX 2 0 AM 10 1ma 5kHz 30MEG Hz 1m

منبع ولتاژچندجمله‌ای (Poly)

منبع ولتاژی است که به بصورت یک تابع چند جمله‌ای از ولتاژ یک یا چند المان بوده و دارای سه حالت زیر می‌باشد.

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

شکل کلی این منابع بصورت زیر می‌باشد .

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

فرم نوشتن رابطه فوق در برنامه HSpice به صورت زیر است.

Vx N+ N- Poly NC+ NC- P_0 P_1 P_2 … P_n

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

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

که معرف Y=2V(10) است. شکل‌های پیچیده تری هم برای اینگونه منابع قابل تعریف است.

مثال Poly(2)

VSX 1 2 Poly(2) 2 3 1 2 1

که معرف $Y = 1 + 2[V(2,3)] + [V(2,3)]^2$ است.

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 گذرا) 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 Iac Sin Io A f.

در رابطه بالا f فرکانس، A دامنه و Vo مقدار آفست موج سینوسی (برای تجزیه و تحلیل گذرا)، Vac دامنه و Vdc مدارDC موج AC (برای تجزیه و تحلیل AC و نویز) می‌باشند.

مثال

```
VIN   13   2   0.5  AC  1    SIN  0   1   1MEG
```

منابع وابسته

چهار نوع منبع وابسته در HSpice تعریف می‌گردد که به قرار زیرند.

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

٤- منبع جریان وابسته به جریان ‹ نام منبع › F

منبع ولتاژ وابسته به ولتاژ

این نوع منابع برای شبیه سازی Op-Amp ایده‌ال، ترانس ایده‌ال، گیتهای منطقی، المان تاخیر، اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ، منبع ولتاژ پاره خطی، چند جمله‌ای و منبع ولتاژ در سطح رفتاری بکار می‌رود. دو فرم از این منابع بصورت زیر می‌باشند.

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

N- و N+ دو سر منبع ولتاژ وابسته و NC+ و NC- سرهای ولتاژ کنترل کننده می‌باشند.

مثال :

```
Eop_amp   2   3   14   1   MAX=+5   MIN=-5   200
Etrans    out 0   TRANSFORMER   in  0   10
```

مثالهای قبلی به ترتیب برای Op-Amp ایده‌ال و TRANSFORMER ایده‌ال با تابع V(out) =V(in)/10 استفاده می‌شوند.

منبع ولتاژ وابسته به جریان

این نوع منابع برای شبیه سازی گیتهای منطقی، المان تاخیر، منبع ولتاژ پاره خطی چند جمله‌ای و منبع ولتاژ در سطح رفتاری بکار می‌رود.

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

+N و -N سرهای مثبت و منفی منبع ولتاژ وابسته و VCUR منبع ولتاژی است که جریان آن (I)، اندازه ولتاژ منبع ولتاژ را کنترل می‌کند.

مثال:

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

منبع جریان وابسته به ولتاژ

این نوع منابع برای شبیه سازی سوئیچ‌ها، خازن متغیر با ولتاژ، منبع جریان پاره خطی چند جمله‌ای و منبع جریان در سطح رفتاری بکار می‌رود. فرم عمومی‌این منبع بصورت زیر است .

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

+N و -N سرهای مثبت و منفی منبع جریان است و +NC و -NC سرهای ولتاژ کنترل‌کننده می‌باشند .

مثال:

GA 12 10 3 4 500

منبع جریان وابسته به جریان

فرم متعارف این منابع بصورت زیر می‌باشد.

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

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 می‌کند.

مثال:

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

نمایش کامل عناصر غیرفعال

مقاومت

مقاومتها دارای دو شکل کلی زیر می‌باشند:

(الف) : R(name) N+ N- ‹ مقدار ›

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

مثال برای حالت الف : R3 2 3 10k یا R1 1 2 10Ohm

مثال برای حالت ب : R3 3 4 MSRES 10k

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

پارامترهای مربوط به یک مقاومت بر اساس رابطه زیر تعریف می‌شوند.

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

R_{T0} مقدار مقاومت در درجه حرارت اتاق (27°C) است. پارامتر ضریب را در دستور Model با R نشان می‌دهند و معمولاً برابر با ۱ است. TC_1 و TC_2 و ... ضرائب حرارتی مقاومت (مرتبه اول و مرتبه دوم و ...) می‌باشند. جدول زیر پارامترهای مدل را برای یک مقاومت نشان می‌دهد و اگر در دستور **Model.** هر کدام از پارامترها تعیین نشوند برنامه بطور اتوماتیک مقدار default آنها را در نظر می‌گیرد.

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

خازن

شکل کلی خازنها به یکی از صورت‌های زیر است.

C (name) N+ N- مقدار

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

مثال برای حالت اول

CBY 3 4 10.7uF

مثال برای حالت دوم :

CBY 4 0 MSCAP 10UF IC=5V
.MODEL MSCAP C C=1 VC1=0**.**01 VC2=0**.**002 TC1=0**.**01

در مثال اخیر ، IC=5V شرایط اولیه خازن را بیان می‌کند (Initial Condition) . پارامترهای مدل برای خازنها بر اساس رابطه زیر بیان می‌شوند.

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

که در آن VC_1 و VC_2 ضرایب ولتاژی و TC_1 و TC_2 ضرایب حرارتی خازن می‌باشند و V_0 پتانسیل اولیه خازن است که با IC=V_0 تعریف و تعیین می‌شود. جدول بعد پارامترهای مدل را برای یک خازن نشان

می‌دهد. اگر در دستور Model. هر کدام از پارامترها تعیین نشوند برنامه بطور اتوماتیک مقدار default آنها را در نظر می‌گیرد.

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

سلف

شکل ساده بیان سلفها بصورت زیر می‌باشد:

L (name) N+ N- مقدار

L (name) N+ N- Model Name مقدار IC=I_0

I_0 بیانگر جریان اولیه سلف می‌باشد. 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

پارامترهای مدل برای سلفها بر اساس رابطه زیر بیان می‌شوند.

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

جدول زیر پارامترهای مدل را برای سلفها نشان می‌دهد و اگر در دستور Model. هر کدام از پارامترها تعیین نشوند برنامه بطور اتوماتیک مقدار default آنها را در نظر می‌گیرد.

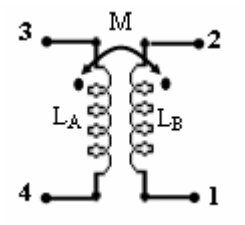
Model Parameters for Inductors			
Name	Meaning	Unit	Default
L	Inductance multiplier	_	1
IC1	First-order Current coefficient	$Amper^{-1}$	0
IC2	Second-order Current coefficient	$Amper^{-2}$	0
TC1	First-order temperature coefficient	$1/C^o$	0
TC2	Second-order temperature coefficient	$(C^o)^{-2}$	0

سلفهای کوپلاژدار

شکل کلی این نوع سلفها به صورت زیر می‌باشد.

K ‹ نام › L ‹ نام سلف اول › L ‹ نام سلف دوم › ضریب کوپلاژ

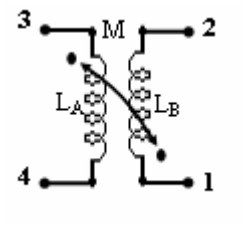
مثال :



شکل ٤

```
LA    3    4    10UH
LB    2    1    40UH
Kl    LA   LB   0.9
```

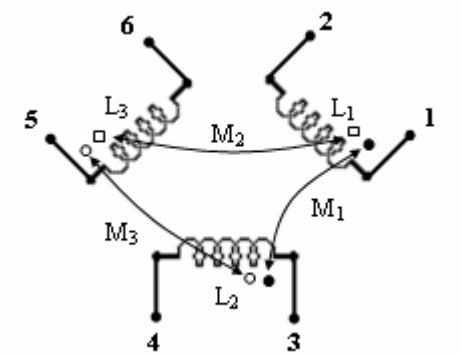
اگر جای نقطه یکی از سلف‌ها مثلاً LB عوض شود و به صورت شکل ٥ درآید می‌توانیم بنویسیم.



شکل ٥

```
LA    3    4    10UH
LB    1    2    40UH
Kl    LA   LB   0.9
```

یک ترانس با سر وسط و با ضریب کوپلاژ ۰/۹۹۹ (شکل ٦) به صورت زیر مدل‌سازی می‌شود.



شکل ۶

```
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
```

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

```
KAL   L1   L2   L3   0.999
```

معرفی و مدل‌سازی و کاربرد عناصر نیمه‌هادی در برنامه HSpice

بطورکلی عناصر نیمه‌هادی را به شکل‌های کلی زیر در برنامه HSpice می‌نویسند.

۱- دیود

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

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

مثال برای 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
```

۲- ترانزیستور BJT

Q(name) NC NB NE Model <AREA>

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

NC، NB، NE و NS به ترتیب شماره گره‌های کلکتور، بیس، امیتر و زیربنا می‌باشند. Model name برای این نوع ترانزیستورها NPN یا PNP می‌باشد.

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
```

۳- ترانزیستور JFET و MESFET

J(name) ND NG NS Model name

NS , NG , ND به ترتیب شماره گره‌های درین، گیت و سورس می‌باشند. Model name برای این نوع ترانزیستورها NFET یا PFET می‌باشد.

٤- 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 گره‌های درین، گیت، سورس، بدنه(Substrate)، مساحت درین، محیط درین، مساحت سورس و محیط سورس می‌باشند. Model name برای این نوع ترانزیستورها NMOS یا PMOS می‌باشد.

مثال :

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

اسم مدل MOSN می‌باشد که باید با دستور Model. تعریف شود.

بقیه پارامترهای المانهای مدل‌دار از روی مدل تعیین شده خوانده می‌شود. در هر مدلی هر پارامتری دارای معنی خاص می‌باشد ولی در اکثر مدلها این پارامترها یکسان و با یک اسم بیان شده‌اند. جهت تعیین پارامترهای تمام المانهای فوق از دستور MODEL. استفاده می‌شود .

انواع متغیرها به عنوان خروجی

در هر مداری ولتاژها و یا جریانهای مختلفی را می‌توانیم به عنوان متغیرهای خروجی تعریف کنیم. شکل کلی تعریف متغیرهای خروجی به همراه مثالی در زیر ارائه شده است :

ولتاژ یک گره نسبت به زمین: V(شماره گره) 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 : V (نام المان دو سر) مثال : V(R1) یا V(D1)

پتانسیل یک سر از یک عنصر سه سر نسبت به زمین : V (اسم المان) نام ترمینال عنصر سه سر

مثال : پتانسیل درین ترانزیستور M_3 نسبت به زمین VD(M3)

اختلاف‌پتانسیل دو سر از یک عنصر سه سر : V (اسم المان)نام دو ترمینال از عنصر سه سر

مثال : VCE در ترانزستور Q_4 VCE(Q4)

مشخص نمودن جریان‌ها نیز مثل ولتاژها است. جریان جاری در یک المان در یک شاخه : I (نام شاخه)

مثال : I(VX) یا $I(R_1)$ یا $I(D_1)$

جریان ورودی به ترمینال x از یک عنصر سه سر: IX (نام) مثل: IB(Q2) یا IC(Q3)

که اولی جریان ورودی به کلکتور ترانزیستور Q_3 است و دومی‌جریان ورودی به بیس ترانزیستور Q_2 است.

در تجزیه و تحلیل AC با اضافه نمودن پسوند مناسب به نام ولتاژها و جریان‌ها می‌توان اندازه، فاز، بخش حقیقی و یا بخش موهومی‌یک متغیر را به‌دست آورد .

مثال :

اندازه ولتاژ گره ۵	VM(5)
اندازه ولتاژ بین گره‌های ٤ و ۲	VM(4,2)
اندازه فاز بین گره‌های ٤ و ۲	VP(4,2)
اندازه ولتاژ گره ٦ برحسب dB	VDB(6)
اندازه ولتاژ کلکتور ترانزیستور Q_2	VCM(Q2)
اندازه فاز VDS در ترانزیستور M6	VDSP(M6)
بخش حقیقی اختلاف‌پتانسیل بین گره‌های ۲ و ۳	VR(2,3)
بخش موهومی‌اختلاف‌پتانسیل بین گره‌های ۲ و ۳	VI(2,3)

برای جریان نیز می‌توان تعاریف فوق را داشت.

اندازه دامنه جریان در دیود D1	IM(D1)
اندازه فاز جریان در دیود D1	IP(D1)
بخش حقیقی جریان منبع ولتاژ VIN	IR(VIN)

اگر در یک مدار بزرگ چند تا زیرمدار داشته باشیم و بخواهیم مقادیر ولتاژ یا جریان گره‌های داخل زیرمدار I را آدرس دهی‌کنیم باید به‌صورت زیر عمل کنیم :

ولتاژ گره ۱ از زیر مدار X1 از زیرمدار XAND V(XAND .X1.1)

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

٤- تجزیه و تحلیل فوریه

۵- تجزیه و تحلیل نویز

تجزیه و تحلیل dc مدار

این تجزیه و تحلیل دارای چند نوع می‌باشد که در همه انواع تمام خازنها مدار باز و تمام سلف‌ها اتصال کوتاه در نظرگرفته می‌شوند. انواع این تجزیه و تحلیل عبارتند از :

الف – op. این دستور (تجزیه و تحلیل) نقاط کار مدار را بدست می‌آورد. نقاط کار شامل ولتاژ گرهها، جریان شاخه‌ها و توان مصرفی المانها می‌باشد. علاوه بر اینها پارامترهای مدل سیگنال کوچک عناصر فعال نیز ارائه می‌گردد. این نتایج در finename.Lis می‌باشند.شکل کلی این دستور بصورتهای زیر می‌باشد.

.op

.op [format] [time] [format] [time]

اگر در جلو این دستور چیزی نوشته نشود نقاط کار (ولتاژ، جریان، توان المانها و پارامترهای سیگنال کوچک عناصر فعال) را می‌دهد ولی با اضافه کردن کلماتی مثل دستور زیر می‌توان یکی از موارد نقاط کار را در زمان معین بدست آورد.

ب – SENS. این دستور (تجزیه و تحلیل) حساسیت ولتاژها و یا جریان‌های مشخصی از مدار را نسبت به تغییرات پارامترهای مدار ارائه می‌کند. تغییر پارامترها با دستور **Param.** انجام می‌گیرد که بعد توضیح داده می‌شود. شکل کلی این دستور بصورت زیر می‌باشد .

.SENS ‹ یک یا چند ولتاژ یا جریان ›

مثال :

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

ج ـ 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 بهرهٔ ولتاژ A_v دارای تعریف زیر خواهد بود. این نتایج در finename.Lis می‌باشند.

$$A_u = \frac{\Delta V_0}{\Delta V_i} = \frac{V\,(out)}{V\,(in)}$$

برای بیان بهره ولتاژ فوق از دستور زیر استفاده می‌کنیم :

.TF Vout Vin

شکل کلی این دستور بصورت زیر می‌باشد.

.TF Y X

کهX وY ولتاژ یا جریان نقاط مختلف می‌باشند.

د ـ DC. با این دستور (تجزیه و تحلیل)، مشخصه انتقالی مدار بدست می‌آید. به این معنی که ورودی بطور dc بین دو حد مشخص تغییر می‌کند و خروجی اندازه‌گیری شده و سپس منحنی خروجی برحسب تغییرات ورودی ارائه می‌گردد. شکل ساده دستور DC**.** بصورت زیر است .

.DC Input Start Value Stop Value Increment Value

Start Value مقدارشروع، Stop Value مقدار نهائی و Increment Value مقدارگام افزایش ورودی می‌باشند .

مثال :

.DC Vin -5V 10V 0**.**25V

می‌توان دستور DC**.** را به فرم زیر نیز نوشت .

مثال :

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

Oct or Dec نشان دهنده طرز تغییرات ورودی و NP معرف تعداد گامها در هر Octave یا Decade می‌باشند. اگر دو ورودی در مدار وجود داشته باشند که هر دو بصورت DC در حوزه مشخصی تغییر کنند می‌توانیم 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 می‌آورد و برحسب درجه بندی شدن محور فرکانس به یکی از سه صورت کلی زیر نوشته می‌شود. 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

LIN به معنی درجه بندی شدن محور فرکانس از FStart تا FStop بصورت خطی، OCT بصورت لگاریتمی‌در مبنای هشت و DEC بصورت لگاریتمی‌در مبنای دهدهی می‌باشند.

NP (Number of points) : اگر تجزیه و تحلیل با LIN انجام می‌گیرد تعداد فرکانس‌هایی را نشان می‌دهد که تجزیه و تحلیل در آن نقاط انجام می‌گیرد. اگر از OCT یا DEC استفاده شود NP معرف تعداد فرکانس‌هایی است که در هر Octave و یا در هر Decade مورد بررسی قرار می‌گیرد. 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 می‌شود.

مثال :

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

تبصره : 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 ورودی معینی در حوزه زمان مشخص می‌گردد. دستور .TRAN بصورت دو شکل زیر می‌باشد . برای این نوع تجزیه و تحلیل باید یک ورودی Sin ، Pulse ، نمائی ، پاره خطی یا Mixed تعریف شود.

.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 درنظر گرفته شوند باید از کلمه UIC در داخل دستور TRAN. استفاده شود.

مثال :

.TRAN 5uS 1mS

یعنی مدار را از صفر تا ۱ msec و در فواصل ۵ usec ای تجزیه و تحلیل گذرا کن.

.TRAN 5uS 1mS 200uS

یعنی مدار را بین زمان ۵ uSec تا ۱ mSec و به فواصل ۲۰۰ uSec تجزیه و تحلیل گذرا کن.

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

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

تبصره : 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 .

تبصره : لازم نیست شرایط اولیه مدار از طریق تعریف در سلف و خازن نوشته شود. می‌توان با دستور IC. به هر کدام از گره‌های 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 ...

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

تبصره : می‌توان 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)

خروجی‌های بدست آمده در تجزیه و تحلیل گذرا جداگانه به صورت جداولی موجودند. این نمونه‌های اطلاعات را می‌توان برای بدست آوردن یک سری فوریه از سیگنال خروجی مورد استفاده قرار داد. یک سیگنال پریودیک را می‌توان توسط رابطه سری فوریه به صورت زیر نشان داد.

$$V(w) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n Sin(nw + f_n)$$

که در آن $w = 2pft$ (f فرکانس هارمونی اصلی) ، C_0 مقدار متوسط موج و C_n دامنه هارمونی n ام و ϕ_n فاز هارمونی n ام می‌باشد. HSpice با استفاده از نتایج تحلیل گذرا ضرایب ۹ هارمونیک اول از سری فوریه را بدست می‌آورد. شکل کلی دستور **.Four** به صورت زیر است :

.Four FREQ X_1 X_2 **...** X_n

X_i ها ولتاژها و جریانهای خروجی هستند که مایلیم سری فوریه آنها را بدانیم و FREQ فرکانس هارمونیک اول می‌باشد.

مثال :

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

تجزیه و تحلیل نویز (.NOISE)

همانطوریکه می‌دانیم مقاومتها و نیمه هادی‌ها در مدار Noise تولید می‌کنند و توان این نویز تابعی از پهنای باند مدار است. در HSpice ، تجزیه و تحلیل Noise همراه با تجزیه و تحلیل AC میسر است. مقادیر نویز در خروجی تحلیل AC می‌باشد. برای هر فرکانس تمام منابع نویز مدار محاسبه شده و اثر مجموعه آنها در خروجی به صورت کل نویز خروجی وارد می‌گردد. عبارت کلی برای تجزیه و تحلیل نویز به شکل زیر است.

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

که در این رابطه V(N+,N-) ولتاژ خروجی بین دو گره +N و -N است. البته خروجی می‌تواند بین یک گره و زمین باشد که در این صورت V(N) را خواهیم داشت. 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 می‌گردد.

مثال :

.Noise V(4,5) Vin
.Noise V(6) Iin

چاپ و رسم خروجی‌های مورد نظر در تجزیه و تحلیل‌های مختلف

دستوراتی که به کمک آنها می‌توان نتایج تجزیه و تحلیلهای پنجگانه را مشاهده نمود و خروجی‌های مورد نظر را بدست آورد یا منحنی‌های مورد نظر را رسم نمود شامل موارد زیر می‌باشند.

.PRINT ، .PROBE ، .PLOT

.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 درMatlab) استفاده کرد و پردازشهای مورد نظر را انجام داد .

.PROBE برای رسم منحنی تغییرات پارامترهای موردنظر 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. شکل کلی نوشتن این دستورات بصورتهای زیر است.

.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)
.PRINT   AC     V(1)   V(2)      I(R2)   I(C1)
.PRINT   TRAN   V(in)  V(out)
```

تبصره ۱ : با یک **.PRINT** فقط اطلاعات مربوط به ۳۲ متغیر را می‌توان محاسبه و ضبط نمود و برای محاسبه و ضبط متغیرهای بیشتر باید به تعداد دستورهای **.PRINT** اضافه نمود.

تبصره ۲ : می‌توان در دستورPRINT**.** بجای "متغیرهای خروجی مورد نظر"، یک یا چند پارامتر دیگر 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 می‌شوند که با کلیک کردن روی آن می‌توان شکل موج توابع تعریف شده را دید. البته تعریف کردن توابع (یا رسم تابعی از چند متغیر) بعد از اجرا کردن، در خود محیط Avan waves قابل اجراست و نیاز به تعریف کردن در این قسمت نیست. می‌توان برای توابع، اسم نیز در نظر گرفت مثلgain 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. ولی اگر بخواهیم بعضی از متغیرها را در تجزیه و تحلیل خاصی مشاهده کنیم شکل کلی این دستور بصورتهای زیر نوشته می‌شود. در اینجا نیز می‌توان توابعی را بصورت پارامتر تعریف کرد.

.Probe DC [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.Probe AC [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.Probe TRAN [متغیرهای خروجی مورد نظر]

.Probe NOISE [متغیرهای خروجی مورد نظر]

مثال :

.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)')

آشنایی با چند دستور مفید دیگر

.SUBCKT : اگر یک مدار مشخص بعنوان یک بخش کوچک از یک مدار بزرگ چندین بار در جاهای مختلف یک مدار بزرگ تکرار شود می‌توان 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). زیر برنامه **.SUBCKT** دارای فرمتی به صورت زیر است.

نوشتن زیر برنامه

.SUBCKT ‹ یک نام دلخواه برای زیر برنامه› شماره‌های چند گره

توصیف زیر برنامه : برنامه مربوط به بیان المان‌های زیر مدار . . . . . .

.ENDS ‹ همان نام دلخواه بالایی ›

نکته ۱ : شماره گرههایی که در جلو دستور **.SUBCKT** و یا در داخل زیر برنامه نوشته می‌شوند گرههای محلی می‌باشند یعنی می‌توان همان شماره‌ها را در داخل برنامه اصلی یا در زیر برنامه دیگری استفاده کرد.

نکته ۲ : زیر برنامه فقط شامل عناصر مدار می‌باشد و به جز دستور **.MODEL** از هیچ دستور نقطه‌دار نباید در زیر برنامه استفاده شود.

نکته ۳ : زیر برنامه را می‌توان در هر کجای برنامه اصلی قرار داد یا می‌توان 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. برای مثال اگر زیر برنامه‌ای به اسم **Amplifier.sp** در شاخه E:\Project نوشته شده، باید آنرا بصورت زیر در برنامه اصلی فراخوانی کرد .

.include “E:\Project\Amplifier**.sp**”

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
   MQ1     3    2    0    0    MOS1    W=1u    L=  1u
   VCC     1    0    5dc
   .MODEL    MOS1    NMOS(VT0= 1    BETA= 5E- 4    RD= 4)
.ENDS    STMA
```

طرز استفاده از زیر برنامه

پس از نوشتن زیر برنامه (و فراخوانی آن در صورت نوشته شدن در فایل دیگر) می‌توانیم با دستوری به شکل زیر از آن استفاده کنیم.

X(name) ‹شماره چند گره متناظر با گره‌های زیر برنامه› ‹ نام انتخاب شده برای زیر برنامه ›

مثال :

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

دستور Data.

با این دستور می‌توان برای یک پارامتر چند تا داده تخصیص داد و بعد به ازای این داده‌ها مدار را تجزیه و تحلیل کرد. یا به عبارتی این دستور برای ساختن Table بکار می‌رود. فرم این دستور بصورت زیر است.

```
.DATA  dataname    pnam1  pnam2  pnam3 ...
مقادیر برایpnam3 و  pnam2  و pnam1 (با ترتیب)
.ENDDATA
```

طرز استفاده :

مثال :

```
.AC    dec   10   100   10meg   SWEEP   DATA = dataname
.TRAN  1n    10n        SWEEP   DATA = dataname
```

مثال کلی:

```
.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.

برخی دستورات اضافی:

One-Port Network
.NET input

Two-Port Network
.NET output input

این دستور برای انجام تحلیل شبکه و یافتن پارامترهای تک-قطبی و دو-قطبی شبکه می باشد.
ازجمله امپدانس یا ادمیتانس ورودی یا پارامترهای Z,Y,S,H شبکه دو-قطبی است.
Input :هر منبع ولتاژ یا جریان ac
Output :ولتاژ یا جریان هر گره
نکته : این تحلیل باید به همراه تحلیل ac صورت گیرد.
و برای دیدن پارامترها پس از تحلیل از print. استفاده می کنیم.

.PRINT AC Z11(R) Z12(R) Y21(I) Y22 S11 +S11(DB) Z11(T)

****

.param par1=val1 par2=val2 …

این دستور برای تعریف پارامتر های به کار رفته در مدار اصلی به کار می روند.

****

.op

این دستور به محاسبه نقطه کار dc مدار می پردازد.

.pz output input **********

برای انجام تحلیل صفر و قطب که بیان کننده تابع تبدیل یک شبکه مستقل از زمان است.
Output: هر متغیر خروجی مثل ولتاژ گره یا جریان شاخه
Input: منبع ولتاژ یا جریان مستقل

$$H(s) = \frac{a_0}{b_0} \cdot \frac{(s+z_1)(s+z_2)..(s+z_i)..(s+z_m)}{(s+p_1)(s+p_2)..(s+p_j)..(s+p_m)}$$

پس ازانجام این دستور صفرها و قطب ها بر حسب (rad/sec) و (hertz) لیست می شود.

.FFT <output var> <np=var> **********

برای انجام تحلیل فوریه گسسته در زمان صورت می گیرد.
Output var: هر متغیر خروجی مثل ولتاژ گره یا جریان شاخه
Np: تعداد نقاط کل تحلیل که باید توانی از ۲ باشد.

.option post ******** برای اینکه نتایج شبیه سازی به صورت منحنی دیده شود

.option accurate ********** برای مدارات با رنج دینامیکی وسیع در تحلیل گذرا

.option fast ***** افزایش سرعت تحلیل در مدارات دیودی و ترانزیستوری پیچیده

.option list ********** چاپ لیستی از قطعات،منابع،مقادیر آنها و...

.option method=gear/trap

روش ریاضی همگرایی اعداد در حوزه زمان را بیان میکند.

Trap: معمولا حجم محاسبات پایین و همگرایی خوبی دارد.

Gear : برای مدارات پیچیده غیر خطی

.option nomod ********** برای اینکه پارامتر های مدل را به خروجی نبرد*

دستورات اندازه گیری (Measurement):

این دستورات برای اندازه گیری از روی شبیه سازی هایی که نرم افزار با موفقییت انجام داده است.

نکته: در این دستورات به جای measure. می توان از meas. استفاده کرد.

*MEASURE (Rise, Fall, and Delay Measurements)

```
.MEASURE <DC | AC | TRAN> result TRIG ... TARG ...
```

پس از meas. باید نوع تحلیل را مشخص کرد و بعد آن یک نام دلخواه برای متغیری که می خواهیم اندازه گیری شود.

```
TRIG var VAL=val < TD=td > < CROSS=c | LAST >
+ < RISE=r | LAST > < FALL=f | LAST >
+ <TRIG AT=time>
TARG var VAL=val < TD=td > < CROSS=c | LAST >
+ < RISE= r | LAST > < FALL=f | LAST> <REVERSE>
+ <TRIG AT=time>
```

Trig یعنی از کجای یک نمودار اندازه گیری را شروع کن.var نام متغیر مثل ولتاژ گره یا جریان شاخه ی است و val مقدار آن متغیر می باشد.

Targ هم میگوید که تا کجا به اندازه گیری ادامه دهد.(توضیح بقیه گزینه ها در مثالها بیان می شود)

*MEASURE (FIND and WHEN)

```
.MEASURE <DC | AC | TRAN> result
+ WHEN out_var=val <TD=val> <FROM=val> <TO=val>
+ < RISE=r | LAST > < FALL=f | LAST >
+ < CROSS=c | LAST >
.MEASURE <DC | AC | TRAN> result FIND out_var1
+ WHEN out_var2=val < TD=val > <FROM=val> <TO=val>
+ < RISE=r | LAST > < FALL=f | LAST > < CROSS=c | LAST >
(refer for more syntax to hspice_cmdref page 115)
```

*MEASURE (parametric)

```
.MEASURE <DC | TRAN | AC> result PARAM='equation'
```

برای محاسبه یک پارامتر خاص بر اساس نتایج اندازه گیری های قبلی

نکته: در داخل عبارت equation نمی توان جریان شاخه یا ولتاژ گره ی را قرار داد.

*MEASURE (Average, RMS, MIN, MAX, INTEG, and PP)

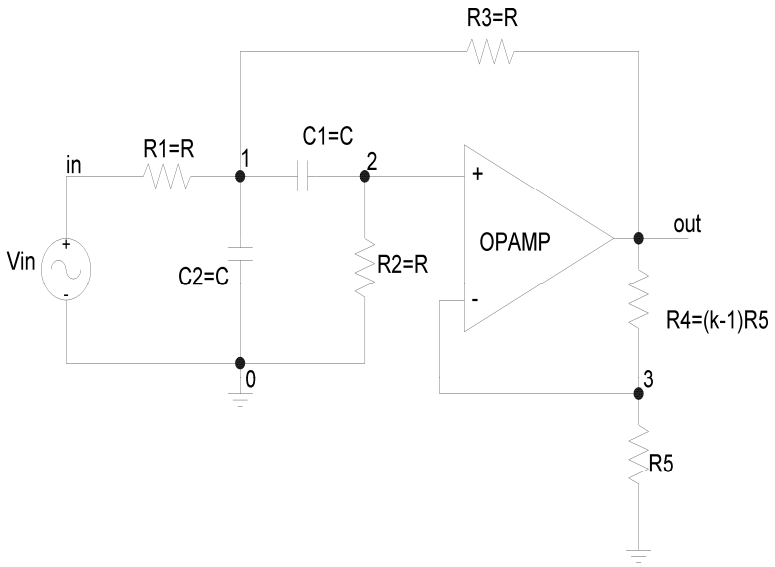
```
.MEASURE <DC|AC|TRAN> result func out_var
```

Func باید avg,rms,min,max,integ,pp باشد تا میانگین،rms،کمینه، بیشینه،انتگرال و مقدار پیک تا پیک متغیر خروجی را اندازه گیری کند.

مثالها:

Band Pass Filter: در این مثال به توصیف مدار یک فیلتر میان گذرمی پردازیم ، سپس با انجام تحلیل ac پاسخ آن را در باند فرکانسی مشاهده میکنیم و در آخر مقادیر f0,f1,f2,BW,Q را برای این فیلتر میان گذر اندازه گیری می کنیم.

Schematic View:

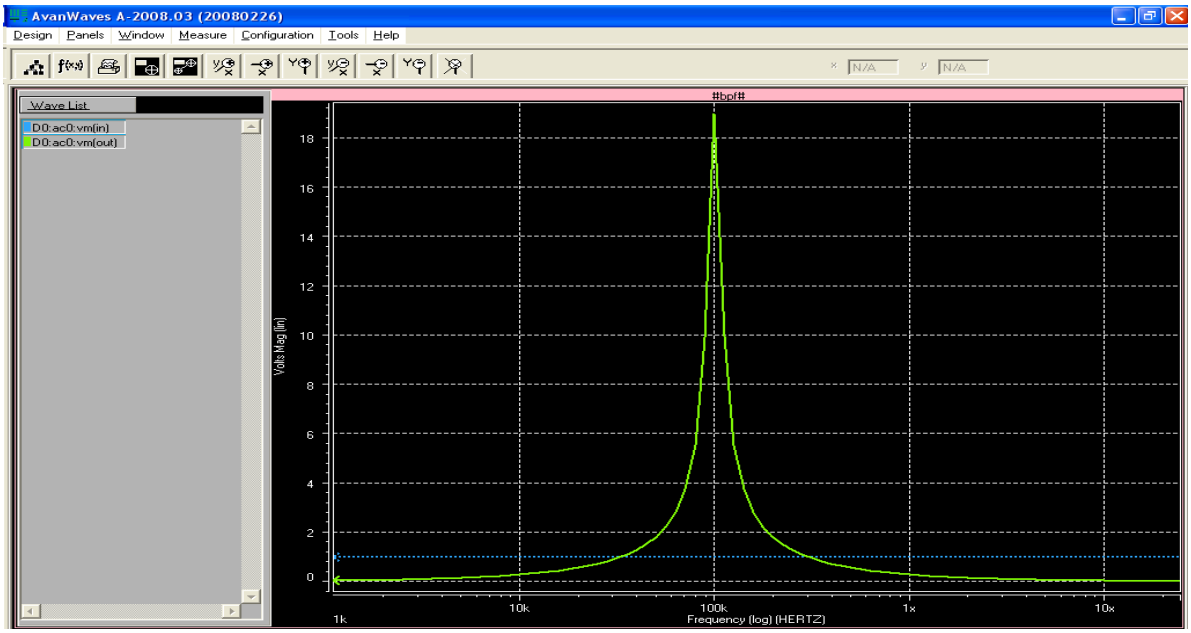


فایل netlist ورودی:

```
#BPF#                                                    $line1
**********************************ANALYSIS              $line2
.OPTIONS POST                                            $line3
.ac dec 20 1  100x                                       $line4
.pz v(out) vin                                           $line5
**********************************circuit               $line6
Vin    in 0    ac 1                                      $line7
R1     in  1   R                                         $line8
R2     2   0   R                                         $line9
R3     out 1   R                                         $line10
R4     out 3   RB                                        $line11
R5     3   0   RA                                        $line12
C1     1   2   C                                         $line13
C2     1   0   C                                         $line14
E_opamp out 0      Vol='1e5*V(2,3)'                      $line15
**********************************
.param         R=4.5k C=500p k=3.8 RA=1k RB='RA*(k-1)'   $line16
+m0=1.4125375                                            $line17
**********************************meas                  $line18
.meas ac Vpo max VM(out)                                 $line19
.meas ac F0  when VM(out)='Vpo'                          $line20
.meas ac F1  trig at=1 targ VM(out) val='(Vpo)/m0' cross=1      $line21
.meas ac F2  trig at=1 targ VM(out) val='(Vpo)/m0' cross=2      $line22
.meas ac BW  param='F2-F1'                               $line23
```

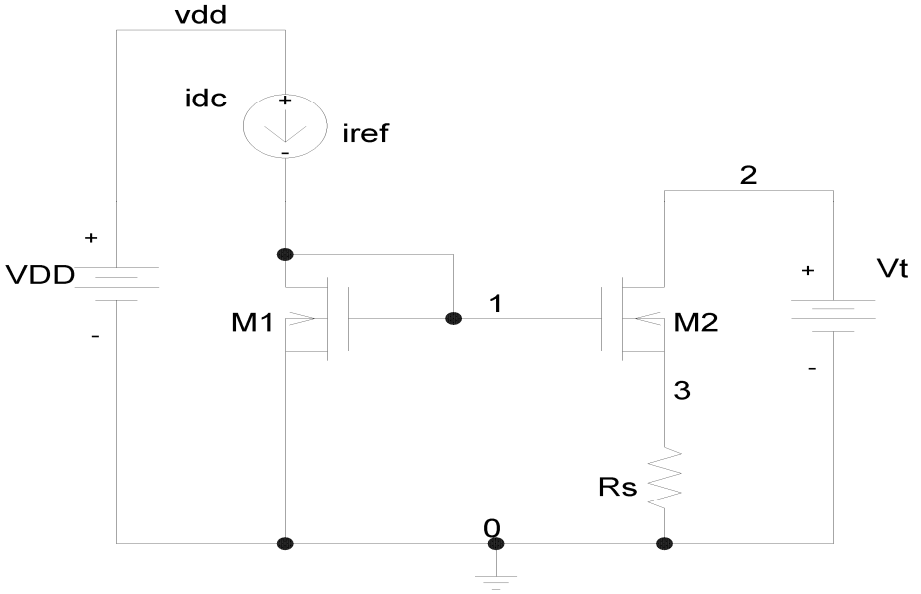
```
.meas ac QF  param='F0/BW'                    $line24
**********************************            $line25
.END                                          $line26
```

Line1: این خط را نرم افزار به عنوان تیتر می شناسد وکل آن را به کپی میکند.
خطوط ۲و۶و۱۸و۲۵ چون با علامت * شروع شده اند نرم افزار آنها را ترجمه نمی کندو در netlist ها برای تفکیک بخشهای مختلف به کار می روند.
Line3: این دستور در اینجا از ۱ گزینه تشکیل شده که:post برای ارسال نتایج شبیه سازی به خروجی گرافیکی می باشد.
Line4: دستور تحلیل ac از فرکانس 1hz تا 100megahz با دقت هر دهه ۲۰نقطه می باشد.
Line5:جهت انجام تحلیل صفر و قطب و ارائه تابع تبدیل از ولتاژ گره out به منبع vin می باشد.
Line7:منبع ولتاژ به نام vin با مقدار دامنه ac ۱ولت
خطوط ۸ تا ۱۴ به توصیف قطعات مختلف مدار می پردازد که مقادیر آنها به صورت پارامتری بیان شده است.
Line15: منبع ولتاژ وابسته به نام E_opamp بین گره های out و زمین که به صورت عبارت داخل " با گره های ۲و۳ رابطه دارد.
Line16:این خط به تعریف پارامترهایی که در کل فایل به آن ارجاع داده شده می پردازد و مقادیر عددی را به آنها نسبت می دهد.خط ۱۷ هم ادامه خط ۱۶ می باشد که با علامت + شروع شده.
خطوط ۱۹ تا ۲۴ برای اندازه گیری مقادیر شبیه سازی است :
Line19: یعنی بیشترین مقدار دامنه ولتاژ گره out در طول تحلیل ac رابیابد و نام آن را Vpo بگذارد.
Line20: یعنی فرکانسی که در آن دامنه ولتاژ خروجی Vpo(بیشینه) شود را F0 بنامد.
Line21,22:یعنی جایی که دامنه ولتاژ خروجی 3db- شود برای اولین بار فرکانس f1 و برای دومین بار f2 بنامد.
Line23,24:برای محاسبه پهنای باند فیلتر و ضریب کیفیت فیلتر بر اساس اندازه گیری های بالا از شکل پارامتری دستور meas. استفاده شده.
Line26: با نوشتن دستور End. می گوییم که فایل مدار پایان یافته است.



Current Source: در این مثال میخواهیم ضمن شبیه سازی یک منبع جریان تغییرات جریان خروجی را با تغییر پارامتری از مدار بررسی کنیم ، همچنین به مقاومت و خازن خروجی منبع جریان را در فرکانس های مختلف مشاهده کنیم.

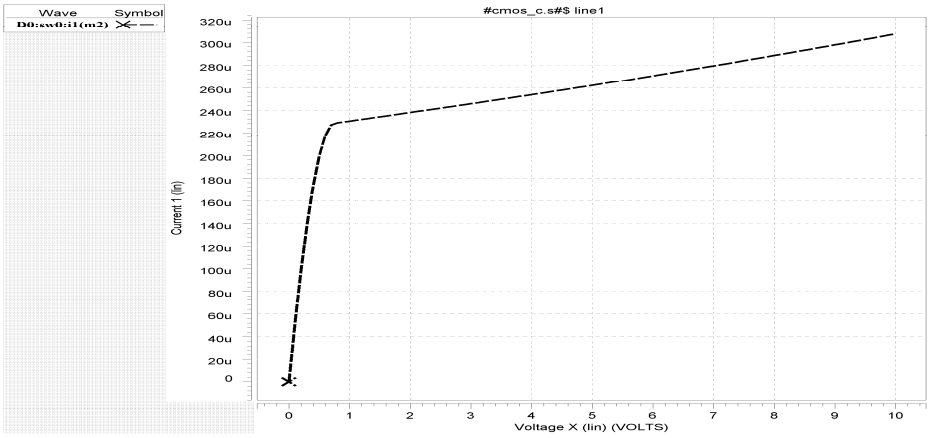
Schematic View

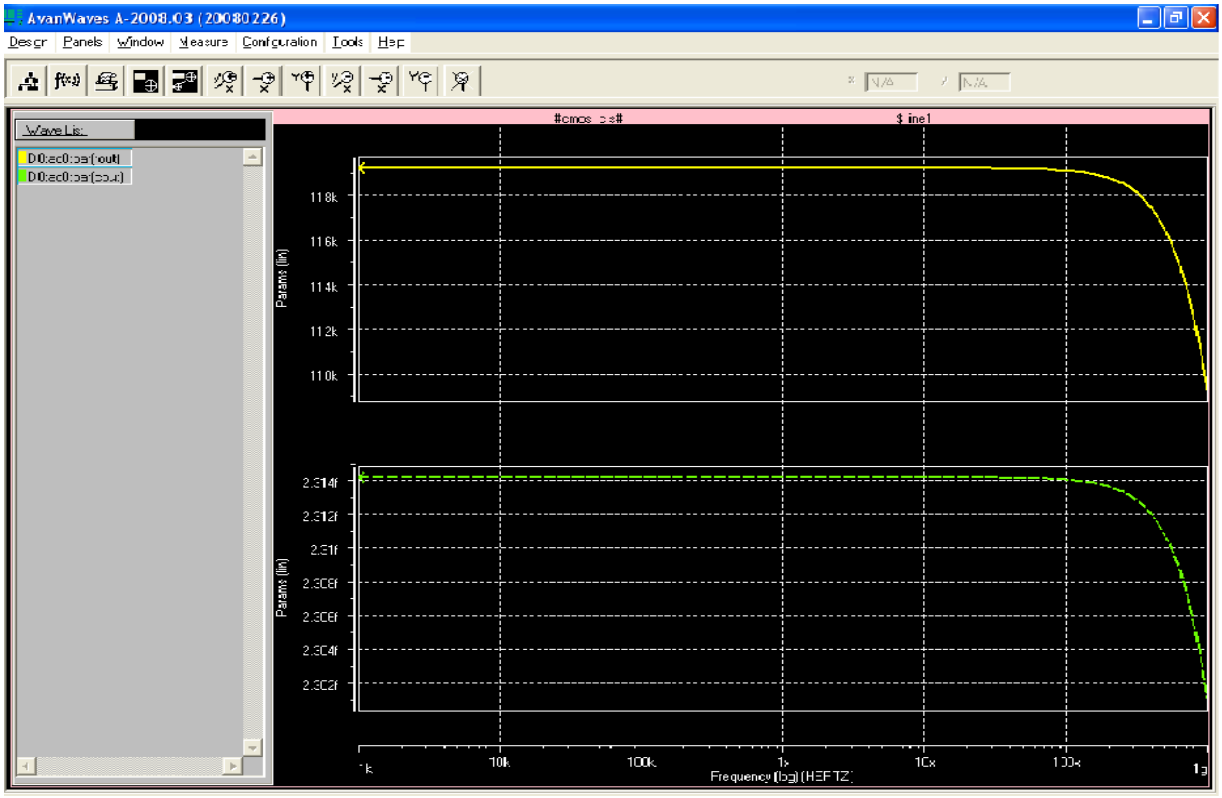


فایل netlist ورودی:

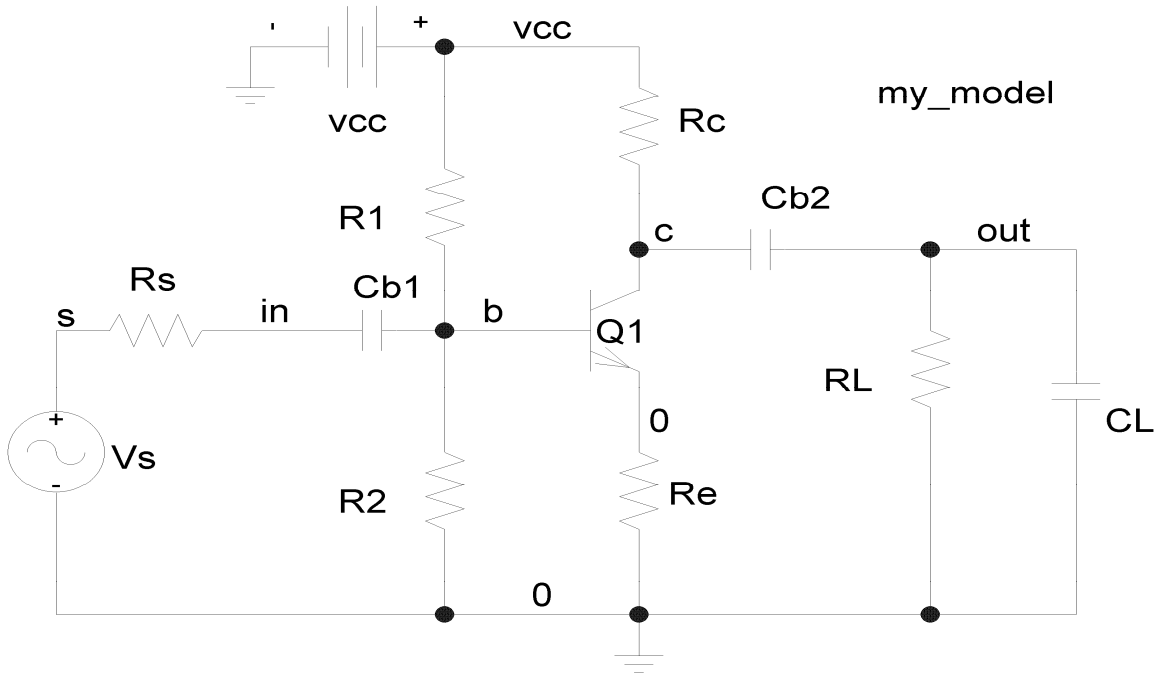
```
#CMOS_C.S#
**********************************ANALYSIS
.OPTIONS POST nomod method=GEAR          $1
.op                                      $2
.dc  Vt  0 10 0.1                        $3
.probe dc I1(m2)                         $4
.ac dec 15 1k 1g
.net Vt                                  $5
.probe ac yin(r) yin(i)                  $6
.probe ac Cout=par('yin(i)/(2*pi*hertz)')  $7
+Rout=par('1/yin(r)')                    $8
**********************************circuit
M1    1  1  0  0     cmosn  L=0.5U W=5U   $9
M2    2  1  3  3     cmosn  L=0.5U W=5U
IREF  vdd  1 iref
VDD  vdd  0 vdd
Vt     2    0  Vt ac 1                   $10
Rs     3    0  Rs
**********************************param
.param         iref=400u vdd=5 Rs=1k Vt=5
+pi=3.14159265
**********************************
.inc    'cmos.txt'                       $11
.END
```

Line1: nomod در دستور option. برای این است پارامترهای مدل ماسفت را در خروجی نشان ندهد.
Line2: ارائه نقطه کار ترانزیستورها و ولتاژ گره ها در خروجی
Line3: جاروب کردن پارامتر Vt از ۰ولت تا ۱۰ ولت با فاصلهء ۰.۱
Line4: یعنی جریان درین ماسفت M2 را در خروجی نشان دهد.
Line5: این دستور بیان می کند که تحلیل شبکه را با پورت ورودی Vt انجام دهد و امپدانس ورودی یا ادمیتانس ورودی را محاسبه کند.
Line6: یعنی بخش حقیقی و موهومی ادمیتانس ورودی را در خروجی نمایش بده.
Line7,8: یعنی پارامترهای Cout,Rout را محاسبه و در خروجی نمایش بده.
Line9: ماسفت M1 که درین ،گیت ،سورس و بدنه آن به ترتیب بین گره های ۱ ،۱ ،۰،۰،۰ می باشد.نام مدل آن cmosn است که در فایل cmos.txt به netlist الحاق شده است.
L و W هم طول و عرض کانال آن میباشد.
Line10: منبع ولتاژ Vt که مقدار dc آن به صورت پارامتری تعریف شده و مقدار ac آن هم ۱ قرار داده شده.
Line11: این دستور فایل cmos.txt را که در پوشهء فایل sp. قرار دارد را به ادامه netlist پیوست می کند.





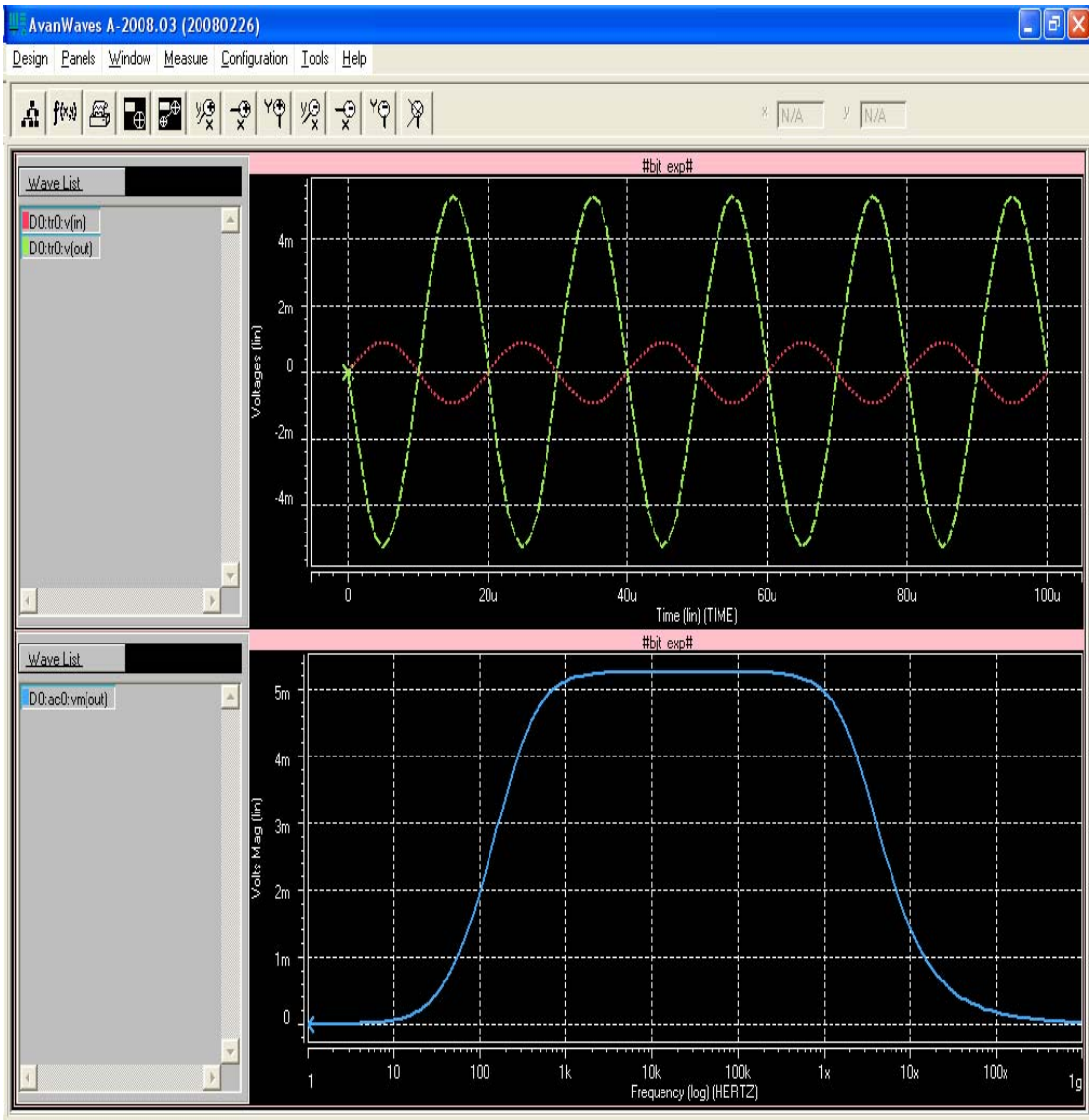
:BJT Amplifier



فایل netlist ورودی:

```
#Bjt_exp#
.option post nomod accurate                    $1
.ac dec 20 1 1g
.op
.PZ     V(out) Vs
.tran   100n 100u                              $2
**************************************Circuit
Q1      c   b  e        my_model               $3
Rc      c   vcc         2.2k
R1      vcc b           33k
R2      b   0           10k
Re      e   0           330
Rs      s   in          600
Cb1     in  b           cby_pass
Cb2     c   out         cby_pass
RL      out 0           40k
CL      out 0           CL
Vcc     vcc 0           vcc
Vs      s   0    sin(0,1m,50k)  ac(1m,0)       $4
*****************************************************Param
.param cby_pass=100n  CL=10p  Vcc=5 m0=1.4125375
.model my_model    npn                         $5
+vje=0.65 vjc=0.75 rb=100  VAF=75
+mjc=0.3  Bf=100   cjc=8pF CJE=20pF
*****************************************************Meas
.meas  ac       Amid  max    VM(out)
.meas  ac       Fhi     when  VM(out)='Amid/m0' cross=2
.meas  ac       Flo     when  VM(out)='Amid/m0' cross=1
**************************************
.END
```

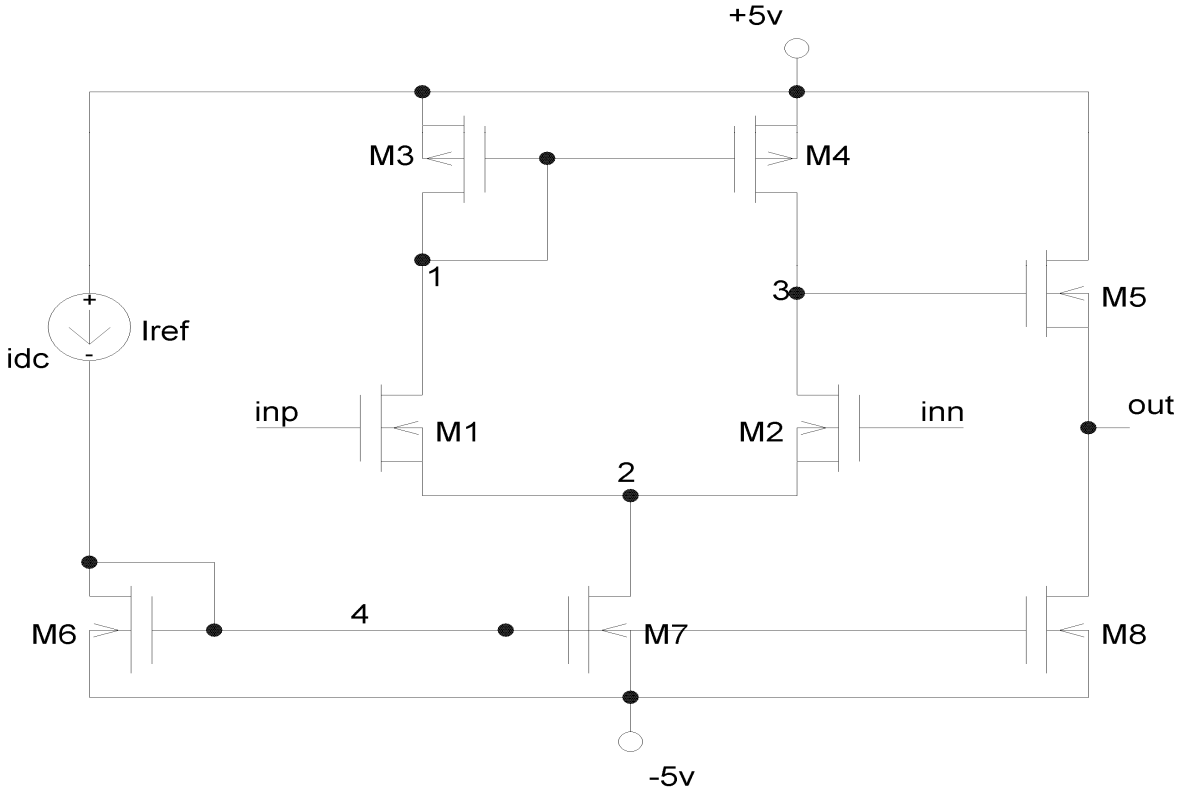
Line1: گزینه accurate در دستور option. برای افزیش دقت در تحلیل گزرا می باشد.
Line2: دستور تحلیل حوزه زمان با گام ۱۰۰ns تا زمان ۱۰۰us
Line3: ترانزیستو رBJT با نام Q1 که کلکتور و بیس و امیتر آن بین گره های c,b,e قرار گرفته اند و نام مدل آن my_model می باشد.
Line4: منبع ولتاژ Vs با مقدار ac ، 1mv دامنه و با فاز 0 درجه ومقدار حوزهء زمان سینوسی با آفست ۰ولت و دامنه 1mv و فرکانس 50khz
Line5: دستور model. برای معرفی مدل ترانزیستور Q1 به نام my_model است.



نکته: نتایج دستورات اندازه گیری در فایل notepad که پس از شبیه سازی توسط نرم افزار تولید می شود قابل مشاهده است.(گزینه Edit LL)

نکته: اگر به علت وجود خطایی در فایل sp. تولید شده توسط کاربر نرم افزار شبیه سازی نکرد ، علت خطا را می توان با مشاهده فایل notepad بالا شناسایی کرد.

:CMOS Amplifier



فایل netlist **ورودی:**

```
#CMOS_Amp#
**********************************ANALYSIS
.OPTION POST nomod method=GEAR          accurate dcon= 1        $1
.op
.ac  dec 20 1 100g sweep phi poi 1 0                            $2
.ac  dec 20 1 100g sweep phi poi 1 180                          $3
.probe  ac  gain=par('db(vm(out))')
.tran     100n 100u
.four 100k V(out)                                               $4
.pz  V(out) vinp
**********************************circuit
M1       1  inp 2  2        cmosn  L=0.5U W=5U
M2       3  inn 2  2        cmosn  L=0.5U W=5U
M3       1  1  vdd vdd      cmosp  L=0.5u W=1u
M4       3  1  vdd vdd      cmosp  L=0.5u W=5u
M5       vdd 3 out out      cmosn  L=0.5u W=2u
M6       4  4  vss vss      cmosn  L=0.5u W=1u
M7       2  4  vss vss      cmosn  L=0.5u W=1u
M8       out 4 vss vss      cmosn  L=0.5u W=2u
Iref     vdd 4    iref
vdd      vdd 0    5
vss      vss 0    -5
vinp     inp 0    ac(0.5,0) sin(0,1m,100k)
vinn     inn 0    ac(0.5,phi)
**********************************param
.param  iref=10u pi=3.14159265 phi=0
**********************************
.inc      'cmos.txt'
.end
```

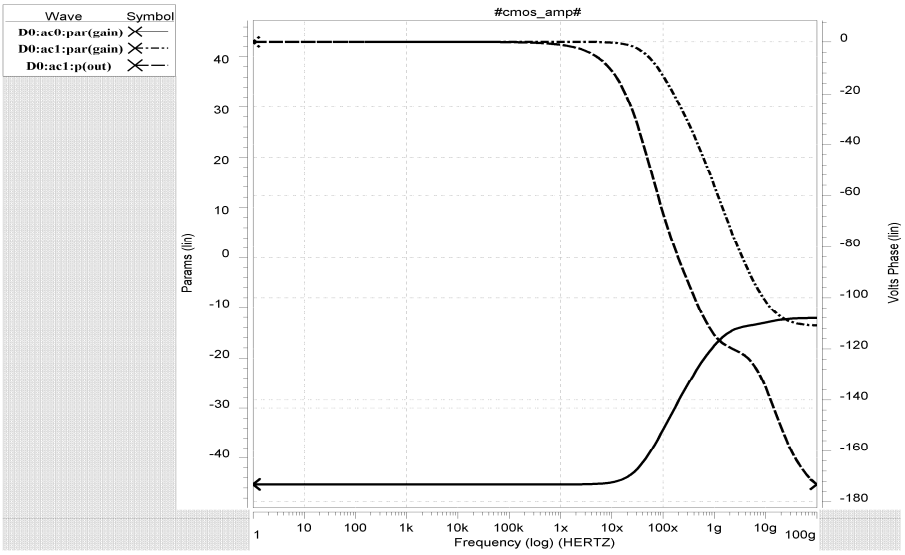
Line1: برای همگرایی بهتر به جواب dcon=1 قرار می دهند.البته خود HSPICE در صورت عدم همگرایی آن را برابر ۱ قرار می دهد.
Line2,3: دستور تحلیل ac از فرکانس 1hz تا 100Ghz با دقت هر دهه ۲۰ نقطه. همچنین ادامهء دستور بیانگر تحلیل ثانویه با تغییر پارامتر phi می باشد که یک بار برابر 0 درجه و یک بار 180 درجه قرار گرفته است.
Line4: دستور تحلیل فوریه روی ولتاژ گره out در حوزه زمان با فرکانس مرکزی 100khz است. این دستور هارمونیک های بالاتر ورودی را هم در خروجی محاسبه می کند تا مقدار کل اعوجاج هارمونیکی سیستم مشخص شود.
نتیجهء تحلیل فوریه را در فایل notepad خروجی مشاهده می کنیم:

1**** HSPICE -- A-2008.03 32-BIT (Feb 26 2008) winnt ******
******
#cmos_amp#
****** tnom= 25.000 temp= 25.000
******
fourier components of transient response v(out)
dc component = 2.655E+00

harmonic no	frequency (hz)	fourier component	normalized component	phase (deg)	normalized phase (deg)
1	100.0000k	138.6932m	1.0000	-151.1564m	0.
2	200.0000k	196.7727u	1.4188m	-93.1006	-92.9494
3	300.0000k	5.3292u	38.4241u	-48.8121	-48.6609
4	400.0000k	11.7162u	84.4754u	-124.6280	-124.4769
5	500.0000k	24.2647u	174.9525u	47.8343	47.9855
6	600.0000k	10.0488u	72.4538u	-88.0363	-87.8851
7	700.0000k	47.2370u	340.5865u	51.1175	51.2687
8	800.0000k	4.1643u	30.0253u	-101.2896	-101.1384
9	900.0000k	10.3221u	74.4242u	-13.3210	-13.1699

total harmonic distortion = 147.6414m percent

نتیجه تحلیل ac و دامنه و فاز سیگنال وجه تفاضلی و مشترک را بر حسب db ملاحضه می کنیم.



نتیجه تحلیل حوزه زمان و سیگنال های ورودی و خروجی: