از مجموعه وسیع orcad جهت شبیه سازی تنها PSpice مورد نیاز می باشد اما پیش از آن باید مدار مورد نظر به صورت گرافیکی در Capture CIS ترسیم شود.سپس spice فراخوانی و اجرا شود تا مدار در این محیط شبیه سازی شود.

SPICE چیست ؟

SPICE مخففی است برای عبارت "Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis" . همانطور که از نام آن پیداست ، SPICE برنامه ایست که جهت شبیه سازی مدارهای آنالوگ و خصوصاً مدارات مجتمع ساخته شده است.

این برنامه که اولین بار در سال ۱۹۷۵ در دانشگاه برکلی کالیفرنیا توسط لاری ناگل و دونالد پدرسون بنیان گذاشته شد، با توسعه ی نسخه ها ی مختلف آن، امروزه به یکی از پرقدرت ترین برنامه های تحلیل و شبیه سازی مدارات آنالوگ و دیجیتال تبدیل شده است.

PSPICE ، نسخه ای خانگی از SPICE

یکی از نسخه های پرطرفدار SPICE که برا ی نصب بر روی PC ها مناسب است، PSPICE می باشد. (سرواژه ی P نیز دقیقاً به همین خاطر انتخاب شده است). این نسخه برای شبیه سازی مدارات آنالوگ و توسط شرکت MicroSim طراحی شد. بعدها کمپانی OrCAD شرکت MicroSim را خرید و بسته ی نرم افزاری OrCAD را که شامل نرم افزار PSPICE و نرم افزار های شبیه سازی و پیاده سازی دیگرِ مرتبط با PSPICE بود، ارائه داد.

محیط کار در PSPICE

در PSPICE ، برای تحلیل یک مدار باید المان های آن مدار را به کمک کدهای خاص این برنامه توصیف کرد. البته در بسته ی نرم افزاری OrCAD family امکان رسم مدار به صورت شماتیک وسپس تبدیل آن به کدهای قابل فهم و قابل تحلیل توسط PSPICE ، فراهم شده است.

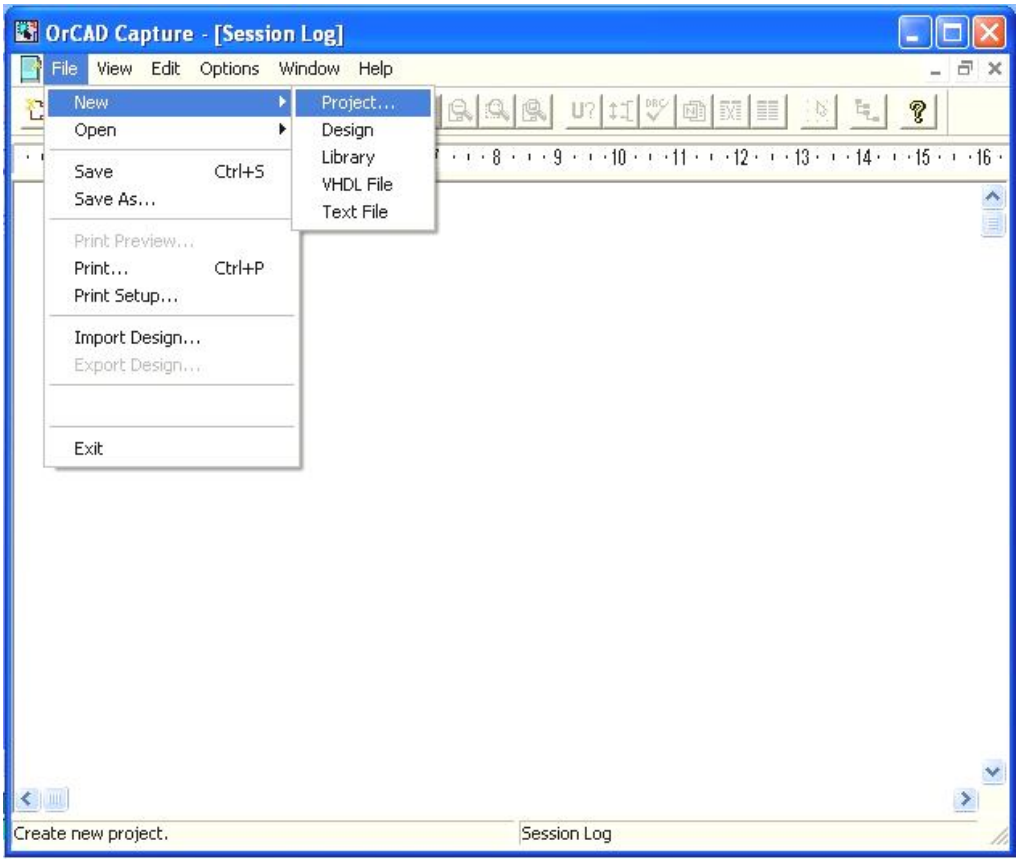
مطلبی که در هر دو نوع روش تحلیل مدار باید به آن توجه داشت این است که SPICE برای تحلیل مدار از روش اصلاح شده ی گره استفاده می کند. لذا تمام گره های مدار دارای نام (شماره) منحصر به فرد می باشند. مثلاً گره زمین در SPICE با عنوان گره ۰ شناخته می شود.

از مجموعه وسیع orcad جهت شبیه سازی تنها pspice مورد نیاز می باشد اما پیش از آن باید مدار مورد نظر به صورت گرافیکی در Capture CIS ترسیم شود. سپس spice فراخوانی و اجرا شود تا مدار در این محیط شبیه سازی شود.

Capture **یک محیط کاملا گرافیکی می باشد و جایگزین Microsim Schematics در نسخه های قبلی شده است و در واقع برای ترسیم مدار نیازی به نوشتن net list (لیست گره های مدار) نیست.**

ورود به CAPTURE وایجاد پروژه جدید :

از دکمه START وارد منوی PROGERAMS شده و از شاخهORCAD گزینه CAPTURE را انتخاب کنید. صفحه زیر ظاهر می‌گردد.



در پنجره باز شده همانطور که نشان داده شده است از منوی file روی گز ینه new رفته و project را انتخاب نمایید. پنجره ای مقابل شما باز میشود که در زیر نشان داده شده است.

در اینجا امکان ایجاد چهار نوع پروژه فراهم شده است:

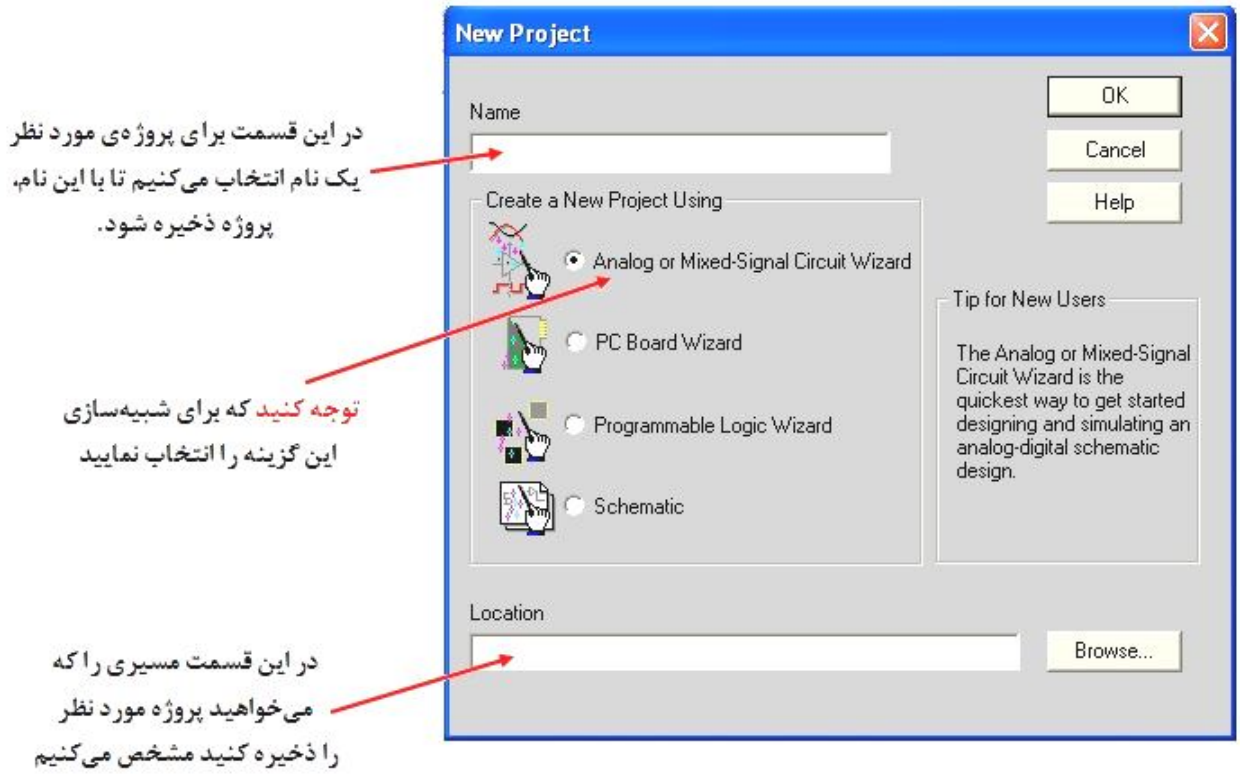
Analog or Mixed A/D – امکان کشیدن مدار با capturer و سپس شبیه سازی آن با PSpice را فراهم می-کند. این همان گزینه‌ای است که انتخاب خواهیم نمود.

PC Board Wizard – امکان کشیدن مدار با capturer و سپس ایجاد طرح برد مدار چاپی با Layout Plus را فراهم می کند.

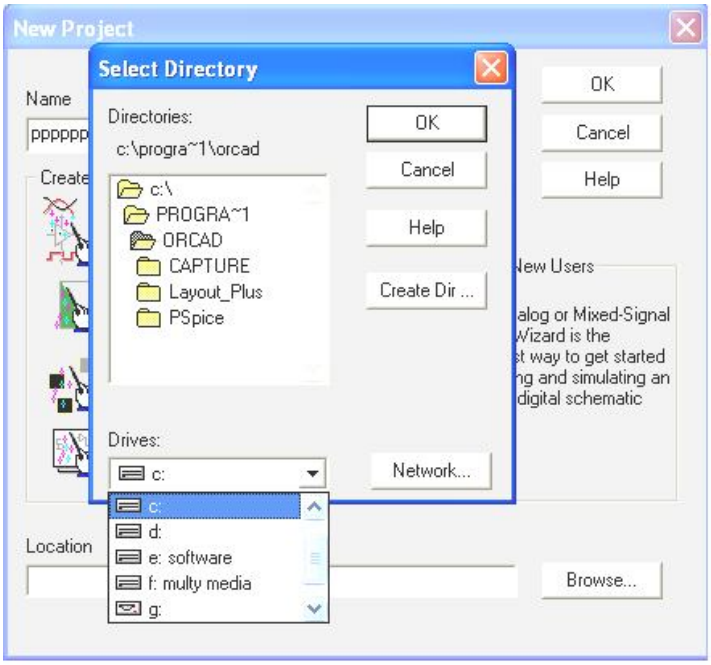
Programmable Logic Wizard – امکان کشیدن مدار با capturer برای طراحی CPLD یا FPGA را فراهم می‌کند.

Schematic – امکان ایجاد شماتیک با capture را فراهم می‌کند.

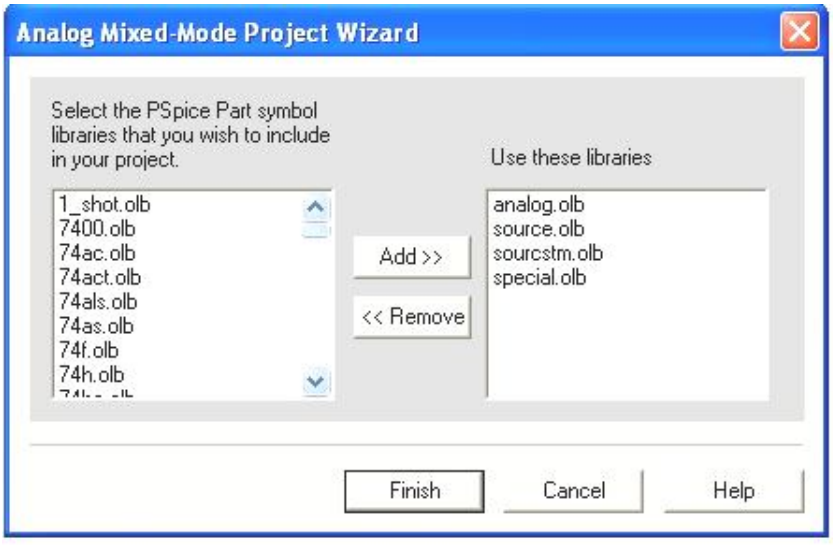
برای شبیه سازی مدار گزینه Analog or Mixed A/D را انتخاب و دکمه ok را کلیک می‌کنیم.



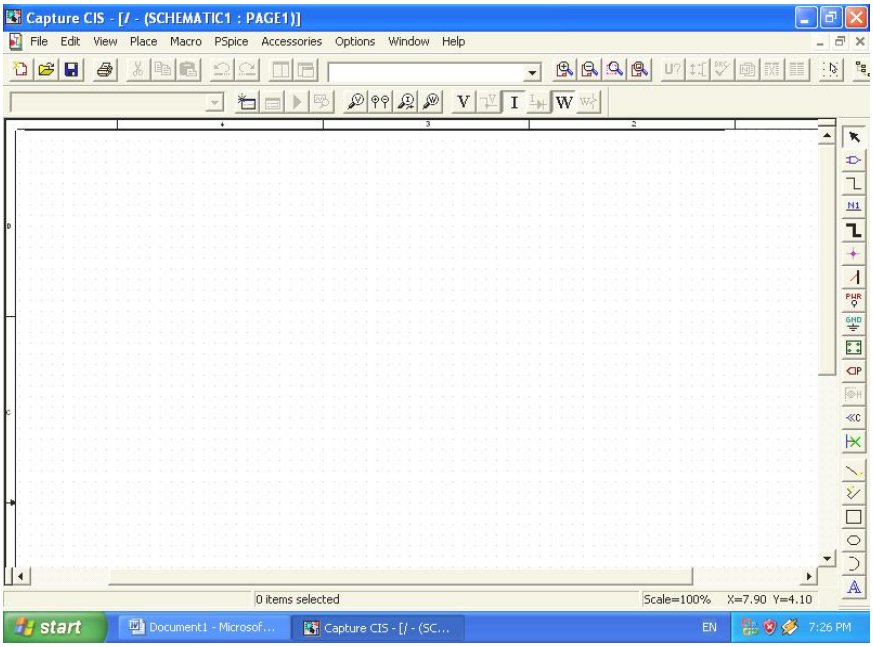
در قسمت name نام پروژه و در قسمت ... creat a new گزینه Analog or Mixed A/D را انتخاب کرده و در قسمت Browse نیز مسیری که می‌خواهید پروژه در آن save شود را مشخص کنید، با کلیک بر روی Browse صفحه زیر ظاهر می‌گردد که همانطور که در شکل می‌بینیم می‌توانیم مسیر مورد نظرمان برای ذخیره پروژه-هایمان را مشخص کنیم.



سپس بر روی ok کلیک کنید تا پنجره جدیدی باز شود. در این پنجره کتابخانه‌های مختلف موجود در ORCAD نشان داده شده است. بر روی گزینه Finish کلیک کنید تا صفحه شماتیک که محیط اصلی کار ما می‌باشد ظاهر گردد.



صفحه شماتیک که محیط اصلی کار ما می‌باشد ظاهر می‌گردد که تصویر این صفحه در شکل زیر نشان داده شده است. که شما می‌توانید مدار را در آن رسم نموده و شبیه سازی کنید.



مراحل ترسیم یک مدار در محیط شماتیک

- مشاهده محیط کارSchematic
- فراخوانی قطعات و اتصال خطوط
- رسم مدار مورد نظر
- تغییر نام و مقادیر قطعات

چگونگی کارکرد ماوس

- **کلیک راست**

کلیک راست : حذف یا غیر فعال کردن یک حالت یا قطعه

دوبار کلیک راست : تکرار یک عمل

- **کلیک چپ**

یک بار کلیک چپ : انتخاب یک شئ (قطعه یا پنجره)

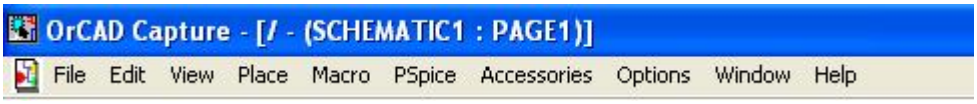
دوبار کلیک چپ : انتخاب یک موضوع برای ویرایش

- **حرکت ماوس (Drag)**

حرکت ماوس : جابجایی قطعات انتخاب شده با جابجایی ماوس در حالیکه دکمه سمت چپ پایین نگه داشته شود.

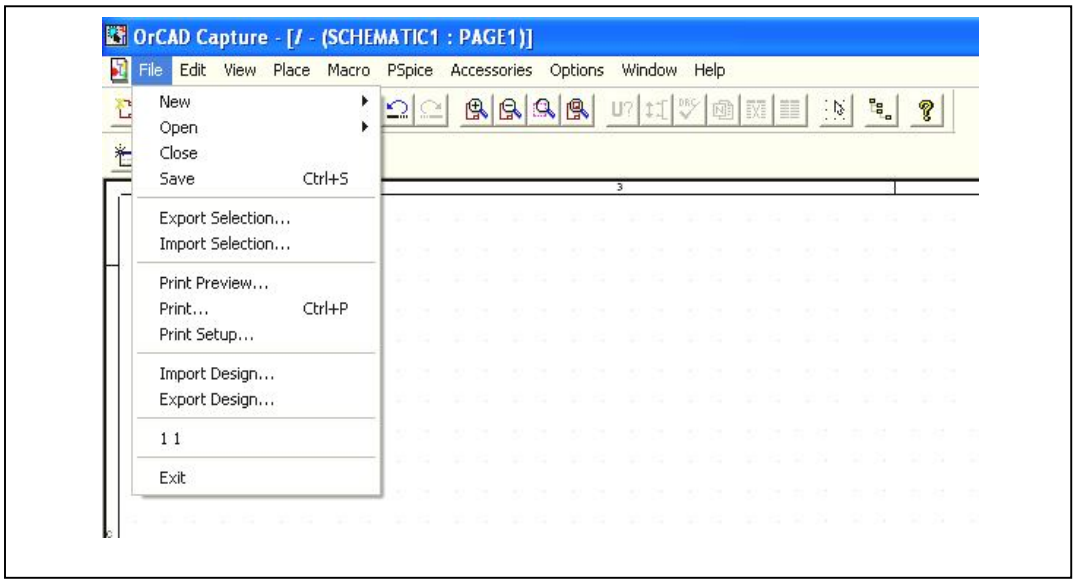
منوهای محیط شماتیک

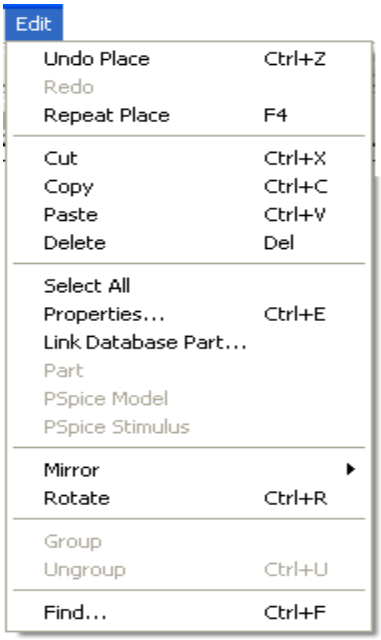
در شکل زیر منوهای محیط شماتیک را می بینیم:



در زیر برخی از گزینه‌های مهم منوها را معرفی و کاربرد آنها را به اختصار بیان می کنیم. در ادامه و بر حسب ضرورت بیشتر در مورد هر کدام از آنها به خصوص گزینه Place توضیح خواهیم داد.

گزینه های منوی File :





File/Open : فراخوانی یکی از مدارات کشیده شده و ذخیره شده قبلی

File/Save : ذخیره سازی مدار رسم شده.

File/Print : چاپ نقشه رسم شده در صفحهSchematic

Import : واردکردن طرحواره های را که توسط *Orcad* طراحی شده

Exit : بستن طرحواره در محیط فعال ویندوز

گزینه های منوی Edit :

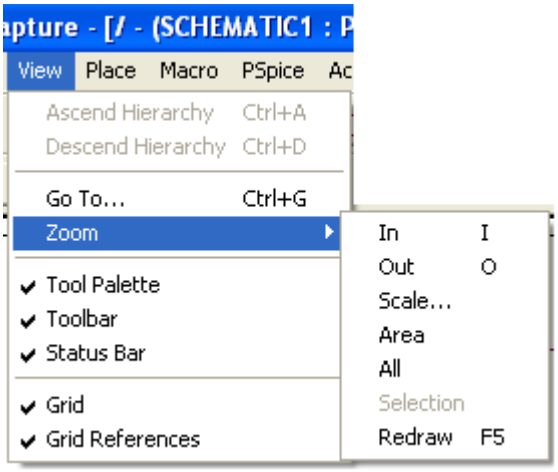
Repeat Place: تکرار دستور قبلی

Edit/Cut : ذخیره قسمت ا نتخابی در حافظه موقت و حذف آن محدوده

Edit/Copy : ذخیره قسمت ا نتخابی در حافظه موقت

Edit/Paste : فراخوانی محتویات ذخیره شده در حافظه موقت در محل جدید این گزینه

دستورات Undo و Redo برای فراخوانی عملکردهای قبلی و بعدی



گزینه های منوی View

Scale: تغییر مقیاس نمایش برای نشان دادن

تمام قطعات، سیمها و متون در صفحه

In : مشاهده سطحی بر صفحه طرحواره در رنجی بسته تر

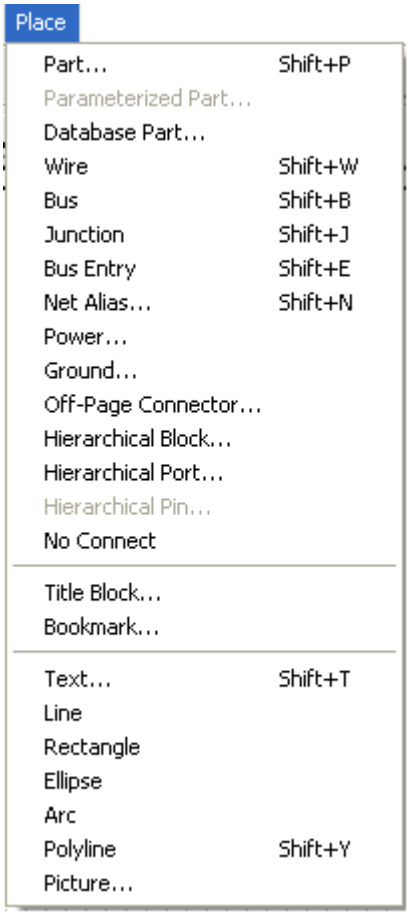
Out : تغییر مقیاس نمایش

Area : انتخاب یک ناحیه چهارگوش برروی طرحواره برای بزرگتر شدن محتویات آن .

Redraw : دوباره نویسی نمایش صفحه

همچنین با کلیک کردن بر روی هـر یـک از گزینـه هـای Tool Palette, Toolbar,Status Bar,Grid و Grid Refernces می توان جعبه ابزارهای مختلف را در صفحه اصلی برای راحتی کار ، فعال کرد.

به طور مثال با کلیک بر روی Toolbar ، جعبه ابزار زیر در صفحه ظاهر می شود



بزرگ کردن صفحه نمایش قطعات مدار

کوچک کردن صفحه نمایش قطعات مدار

View/Area بزرگ کزدن ناحیه مشخص شده در محیط رسم مدار

این کلید

Statuse bar : نشان دادن خط نمایش وضعیت جاری در زیر صفحه شماتیک

گزینه های منوی Place :

Part : قطعه جاری انتخابی را، برروی طرحواره قرار می دهد.

Text : قرار دادن یک متن برروی طرحواره

Wire : برای ترسیم سیم

Bus : رسم یک خط باس ارتباطی

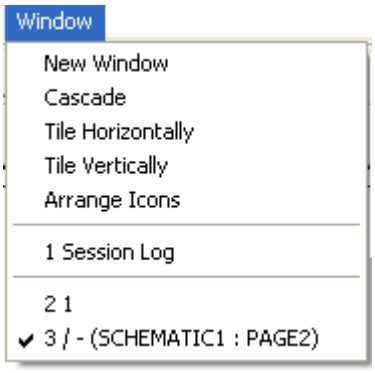
Power : قرار دادن منبع تغذیه در مدار

Ground : قرار دادن زمین در مدار

Block : ایجاد یک بلوک خالی

Get New Part : وارد کردن نام قطعه ای برای قرار دادن در طرحواره

Rewire : بدون آنکه نقطه انتهایی سیم یا باس را تغییر دهید ، آنرا Reroute می نمایید.



گزینه های منوی Window

New Window : ایجاد یک صفحه شماتیک جدید

Cascade : نمایش طرحواره های فعال به صورت آبشاری

Tile Horizontally : نشان دادن طرحواره های فعال به صورت افقی

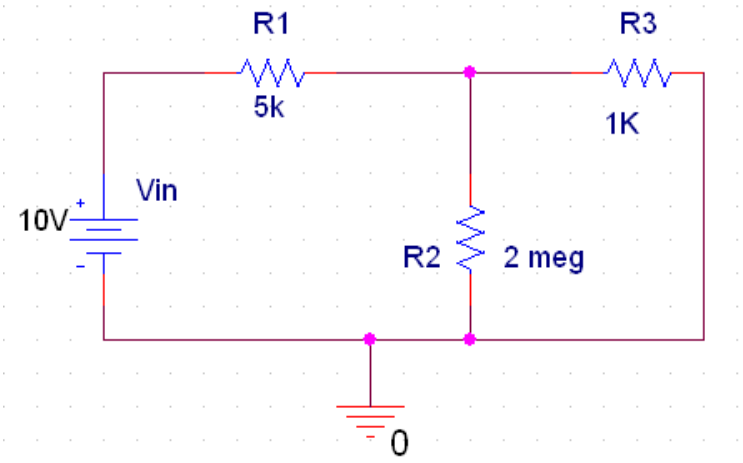
Tile Vertically : نشان دادن طرحواره های فعال به صورت عمودی

مراحل ترسیم مدارات

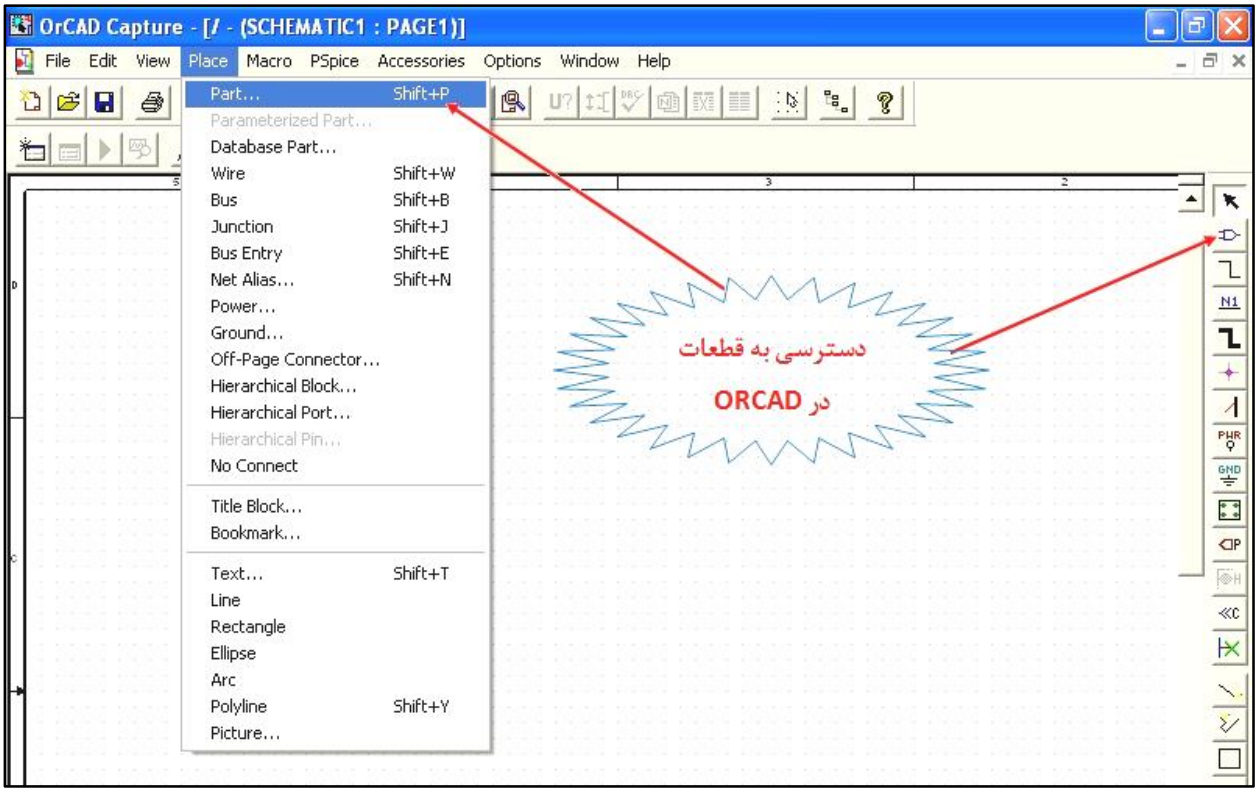
برای تریسم مدار در صفحه Schematic باید مراحل زیر را انجام داد:

- قرار دادن اتصالات یا قطعات مدار در صفحه Schematic
- سیم بندی عناصر
- تغییر مشخصات عناصر
- ترسیم یک مدار در محیط شماتیک

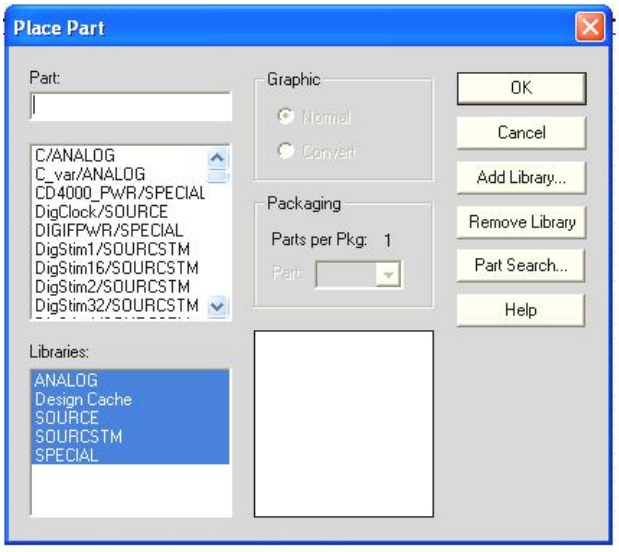
با رسم مدار ساده‌ی زیر مراحل مختلف ترسیم مدار در محیط شماتیک را شرح می‌دهیم



قرار دادن اتصالات یا قطعات مدار (نحوه آوردن قطعات) :



همانطور که در شکل بالا نشان داده شده است به ۳ طریق می‌توان به قطعات دسترسی پیدا کرد. برای آوردن قطعات میتوان از منوی Place گزینه Part را انتخاب کرد یا روی نماد( ) کلیک کرد یا از کلید های میانبر Shift+P استفاده کرد تا پنجره زیر باز شود

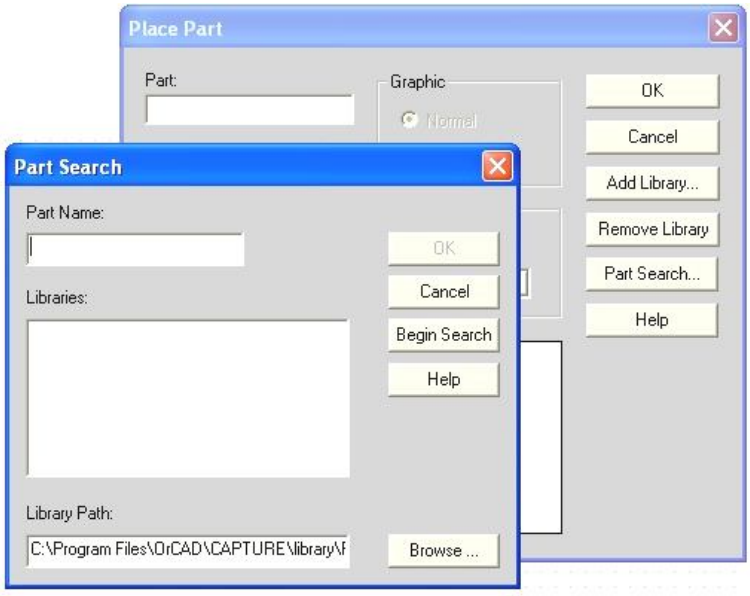


در گزینه **Add Library** می‌توان کتابخانه جدید را اضافه کرد.

با گزینه **Remove Library** کتابخانه را حذف نمود.

با **Part search** نیز میتوان قطعه ای را جستجو نمود.

با تایپ نام قطعه در قسمت **Part** نیز میتوان به طور مستقیم به قطعه دسترسی پیدا کرد. اگر کتابخانه‌ای که قطعه مربوطه در آن قرار دارد Load شده باشد که با تایپ قطعه در لیست ظاهر می‌گردد ولی اگر با تایپ قطعه در لیست ظاهر نشد بدین معنی است که این قطعه در کتابخانه دیگری قرار دارد، گزینه Part search را کلیک می‌کنیم ، پنجره زیر ظاهر می‌گردد:



ابتدا نام قطعه را در Part Name نوشته ، سپس گزینه Begin Search را می‌زنیم تا نام قطعه مورد نظر را در تمام کتابخانه‌های موجود در ORCAD جستجو کند. بعد از پیدا کردن قطعه مورد نظر گزینه OK را می‌زنیم.

چرخش قطعه

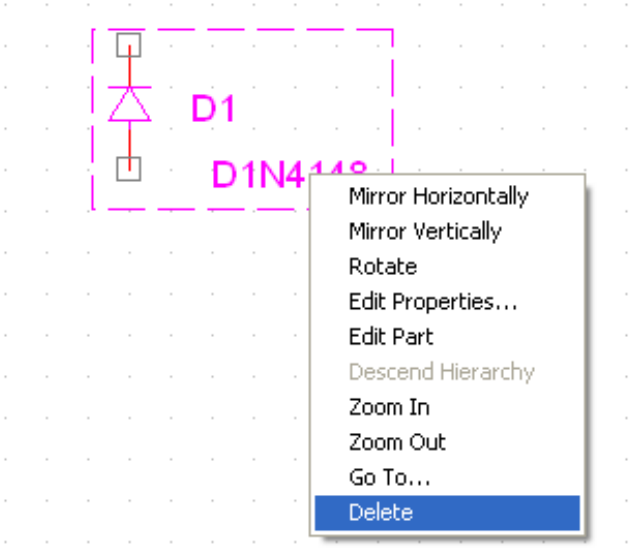
۱- فراخوانی قطعه

۲- انتخاب گزینه Rotate از منوی Edit

۳- فشردن کلیدهـای ترکیبی Ctrl+R

٤- چرخش ۹۰ درجه ای قطعه

حذف قطعه



۱- کلیک بروی قطعه

۲- قرمز شدن قطعه

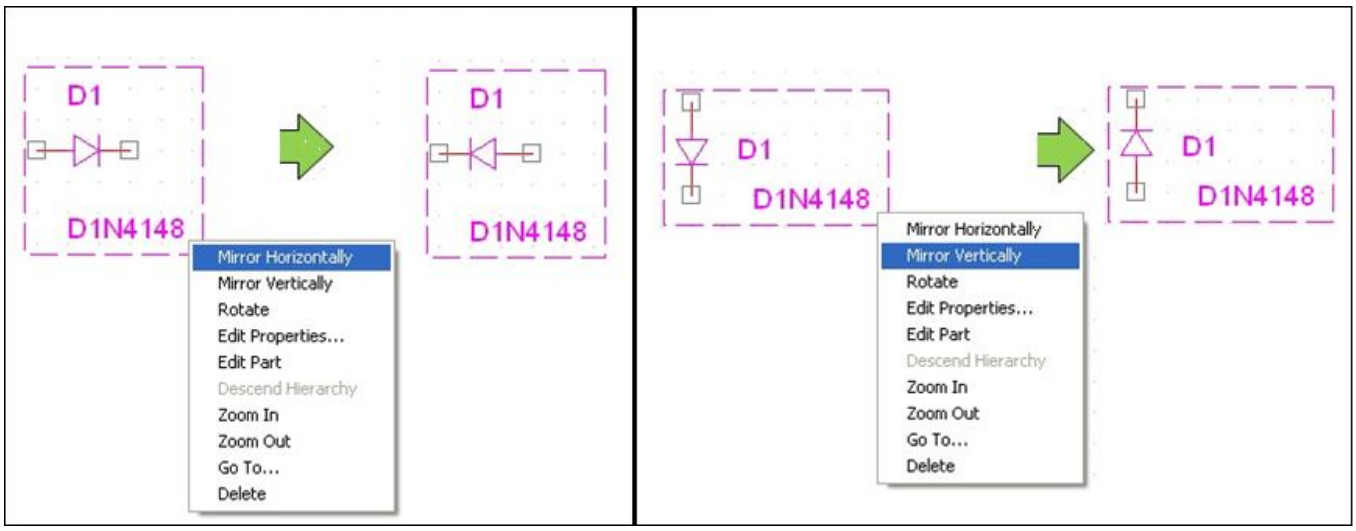
۳- فشردن کلیدDel

قرینه کردن قطعه

۱- کلیک بر روی قطعه

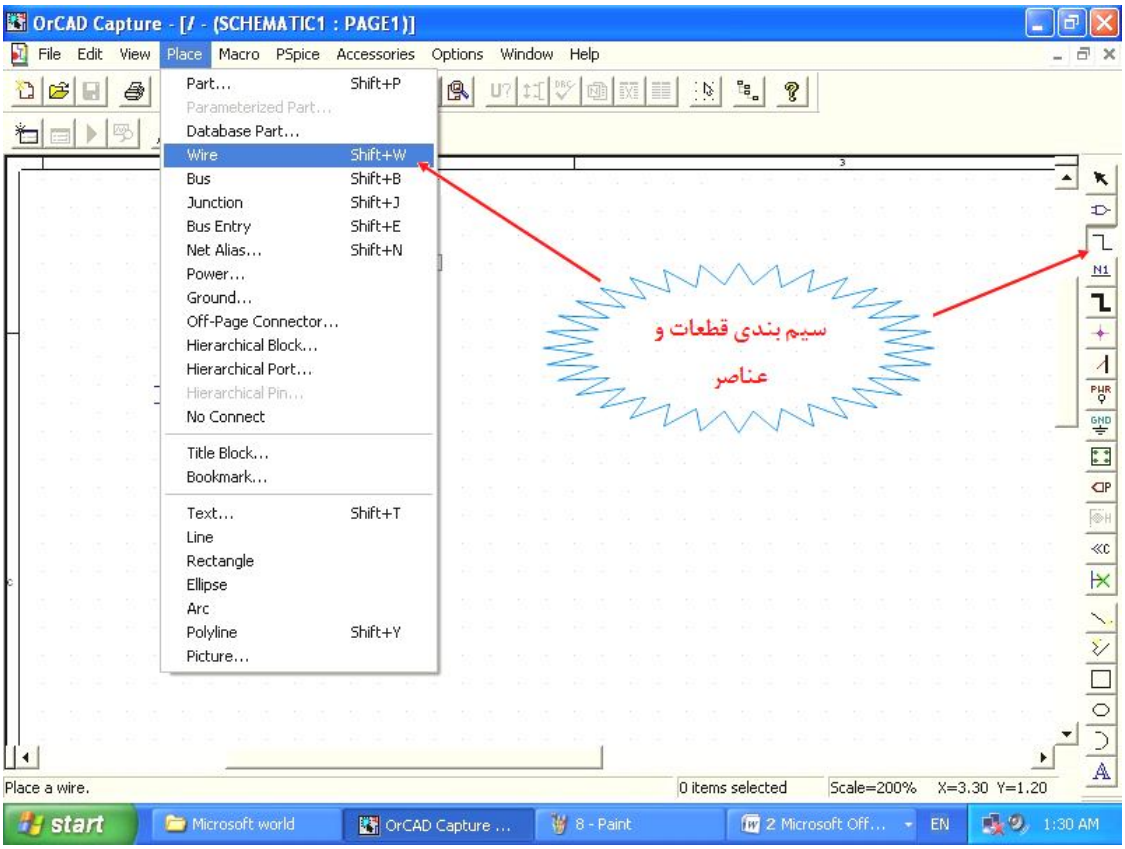
۲- قرمز شدن قطعه

۳- فشردن کلید miroor vertical یا miroor horizontall

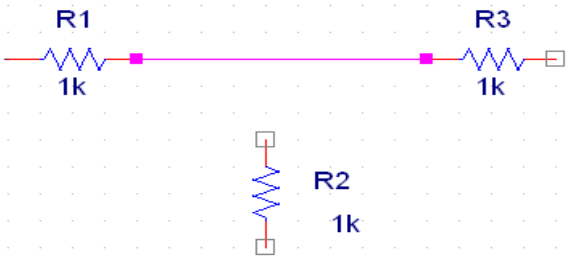


سیم بندی عناصر:

برای سیم کشی بین قطعات از ابزار ( ) به طریقی که در شکل زیر نشان داده شده است استفاده می-نماییم. یا از منوی **place** گزینه **Wire** را انتخاب می‌نماییم. همچنین می‌توان با فشار دکمه **Shift+w** نیز به آن دسترسی پیدا کرد.



برای وصل دوقطعه به هم باید از مربع توخالی پایانه یک قطعه به مربع توخالی قطعه بعدی که مورد نظر ماست سیم کشی را انجام دهیم. اگر سیم کشی درست انجام شود به طریقی که در شکل زیر می بینیم مربع توخالی با رنگ صورتی یا قرمز پر می‌شود که نشان دهنده این است که ما قطعه را به درستی از طریق سیم کشی به هم وصل نموده‌ایم.



تصحیح اشتباهات سیم کشی:

اگر هنگام کشیدن سیم دچار اشتباهی شده‌اید، می‌توانید روند زیر را برای حذف سیم‌های ناخواسته به کار گیرید:

۱- مطمئن شوید که در حالت سیم شی نیستید، در صورتی که در حالت سیم‌کشی باشید اشاره‌گر ماوس به صورت علامت بعلاوه نمایش می‌یابد. برای خروج از حالت سیم‌کشی کلید Esc را فشار دهید.

۲- اشاره‌گر ماوس را روی سیم یا قطعه‌ای که می‌خواهید حذف کنید قرار دهید.

۳- دکمه چپ ماوس را روی سیم یا قطعه‌ای که می‌خواهید حذف کنید کلیک چپ نموده، در این صورت سیم یا قطعه مورد نظر به رنگ صورتی در می‌آید که بدین معناست که سیم یا قطعه مورد نظر انتخاب شده است.

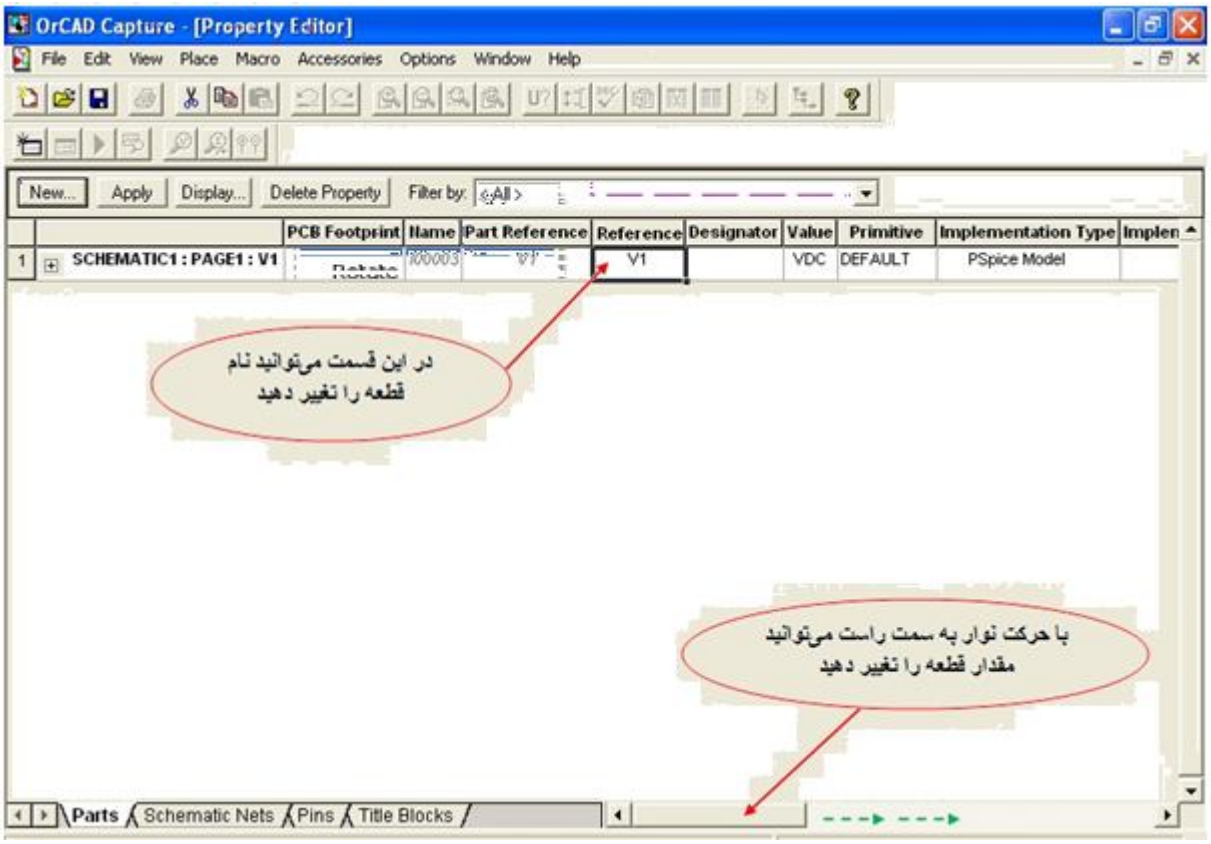
٤- برای حذف سیم یا قطعه مورد نظر کلید Delete را فشار دهید.

تغییر نام و مقدار یک قطعه:

مثلا می‌خواهیم نام و مقدار منبع ولتاژ در پروژه مورد نظرمان را تغییر دهیم. برای این کار به ۲ شیوه می‌توان عمل کرد:

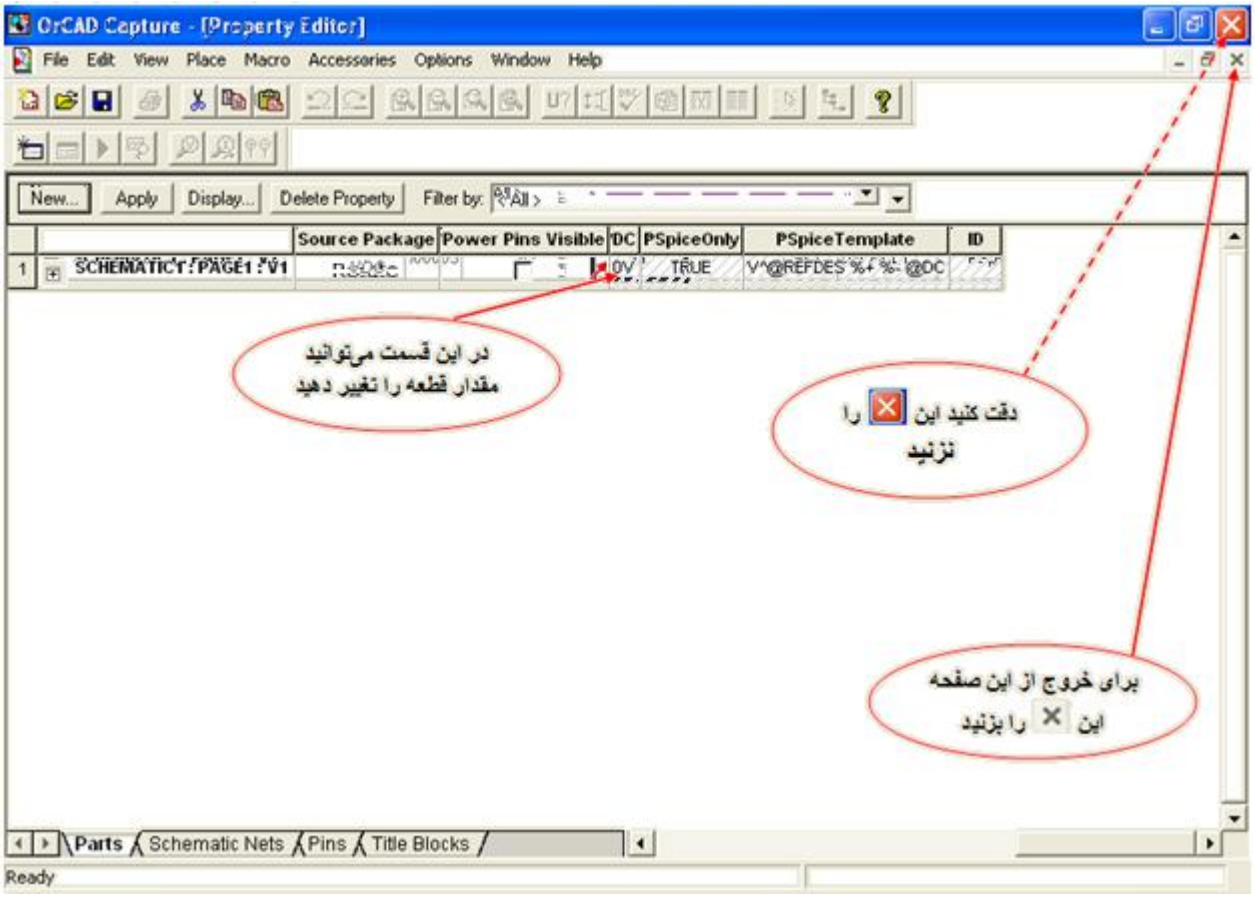
روش اول:

برای تغییر نام و مقدار منبع ولتاژ ابتدا قطعه مورد نظر را کلیک چپ می‌کنیم تا رنگ آن صورتی شود سپس کلیک راست مکنیم که کادر زیر باز می‌شود، properties را زده صفحه‌ی زیر ظاهر می‌گردد. در این صفحه مشخصات قطعه مورد نظر همانطور که در شکل هم نشان داده شده است آورده شده.



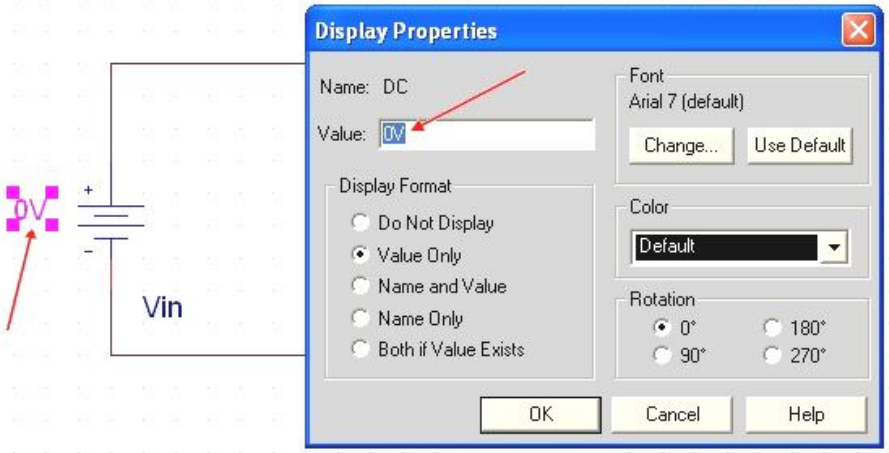
برای تغییر مقدار قطعه بر روی نواری که در پایین صفحه قرار دارد و در شکل هم نشان داده شده کلیک چپ نموده و صفحه را به سمت راست پیمایش نمایید.

توجه: برای برگشتن به صفحه شماتیک علامت را به طریقی که در شکل زیر نشان داده شده بزنید.



روش دوم:

برای تغییر مقدار قطعات به روش ساده تر زیر نیز می‌توان عمل کرد: همانطور که در شکل زیر نشان داده شده بر روی مقدار قطعه ۲ بار کلیک چپ نمایید (دابل کلیک)، صفحه زیر باز می‌شود. در کادر مربوطه و در قسمت Value مقدار قطعه را بنویسید. مقدار مورد نظر را که در اینجا ۱۰V است را می‌نویسیم.



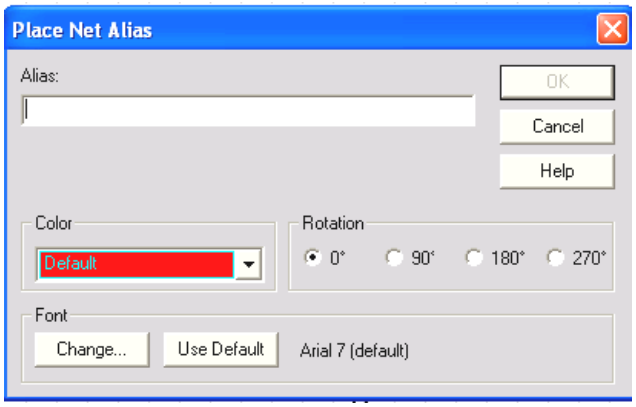
برچسب زدن گره‌ها (Net Alias)

Capture گره‌ها را به دلخواه و با نامهایی نظیر N۰۱۰۱۵ و N۰۱۹۸۵ برچسب می‌زند. کاربر این اسامی را نمی-داند مگر اینکه سیمی را دو بار کلیک کند تا نام آن را ببیند. این موضوع مشکلی را ایجاد نمی‌کند زیرا عموما بررسی تمام گره‌های مدار مد نظرمان نیست. اگرچه تنها بررسی چند گره از مدار مورد توجه ماست، اگر نام آن گره‌ها را ندانیم مشاهده‌ی ولتاژ آنها بسیار مشکل خواهد بود.

برای برچسب زدن گره می‌توان از ( ) استفاده نمود، یا از منوی Place گزینه Net Alias را انتخاب کرد.

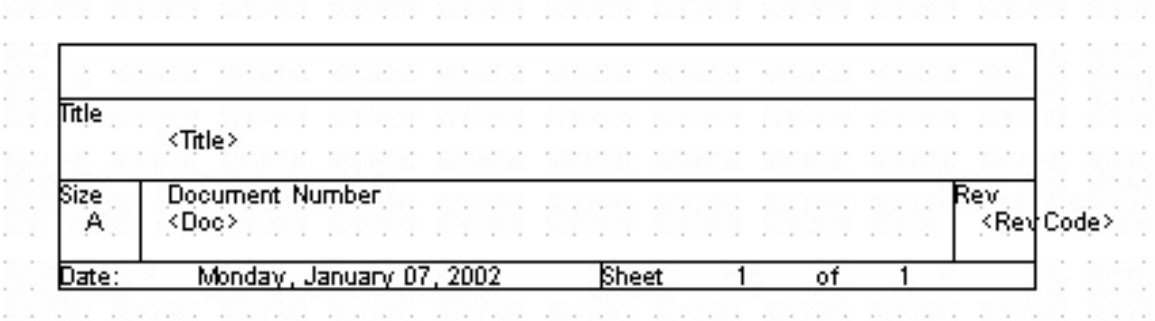
یا می‌توان از کلیدهای میانبر Shift+N استفاده نمود.

در پنجره ای که به صورت مقابل بازمیشود در Alias نام خروجی یا گره مورد نظر را می نویسیم.



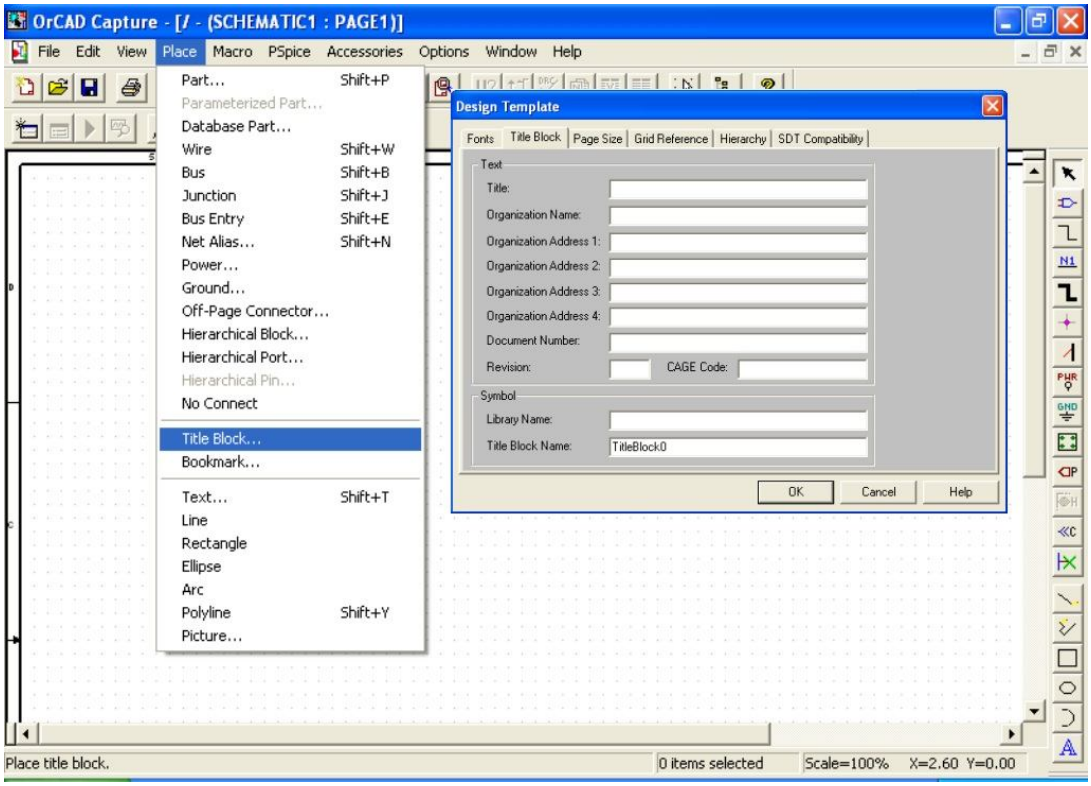
ویرایش بلوک عنوان

بلوک عنوان حاوی اطلاعاتی در مورد شما، شرکتتان و شماتیک می‌باشد. که در گوشه سمت راست و در پایین صفحه شماتیک قرار دارد. شما می‌توانید مشخصات خود و شرکتتان را به عنوان طراح این پروژه و نیز مشخصات پروژه مورد نظرتان را در این قسمت وارد کنید.



انتخاب یک بلوک عنوان دیگر:

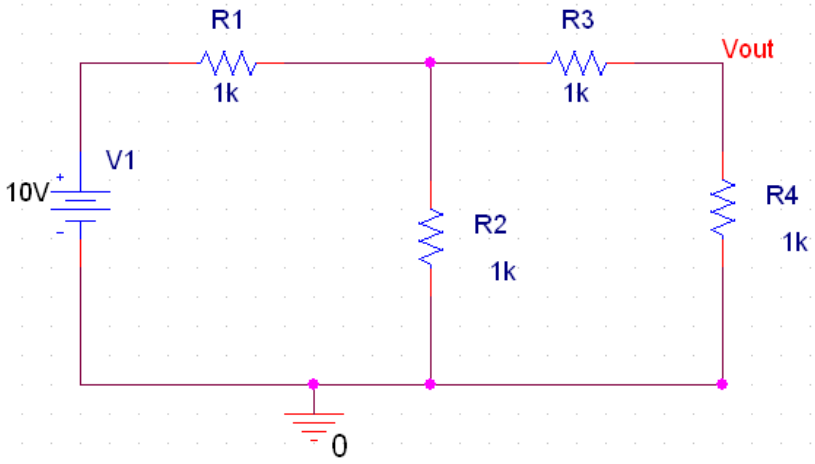
چندین بلوک عنوان از پیش تعیین شده وجود دارد که می‌توانید از میان آنها انتخاب نمایید. برای قرار دادن بلوک عنوان Place و سپس Title Block را از منوها به طریقی که در شکل زیر نشان داده شده است انتخاب کنید.



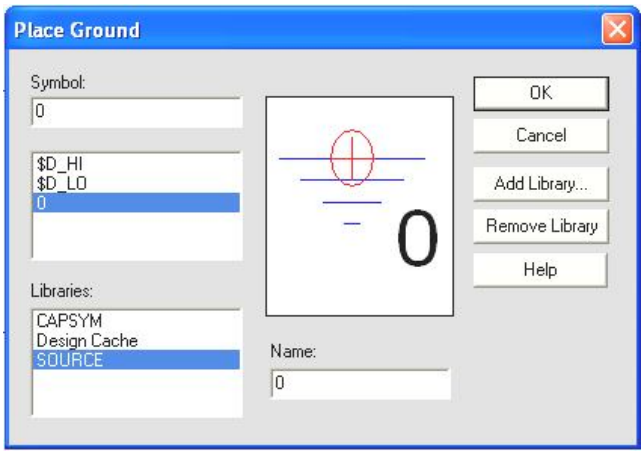
پنجره Place Title Block باز می‌شود. در این پنجره تمام بلوک های عنوان از پیش تعریف شده و کتابخانه‌ای که در آن قرار دارد را لیست می‌کند که می‌توانید بر حسب نیاز خود یک بلوک عنوان مناسب را انتخاب نمایید. البته می‌توان بر حسب سلیقه خود یک بلوک عنوان شخصی نیز درست کرد. برای این کار می‌توان بلوک عنوان های موجود در کتابخانه user.olb را به دلخواه اصلاح نمود.

تحلیل DC

برای تحلیل یک مدار با استفاده از نرم‌افزار ORCAD با مدار ساده زیر که شامل یک منبع ولتاژ DC و ٤ مقاومت است شروع می‌کنیم:

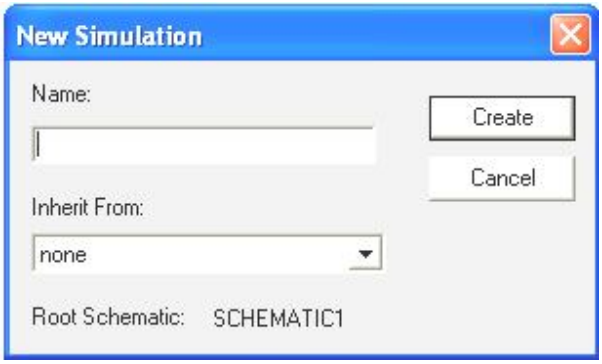


حواسمان باشد که باید زمینی برای مدار تعریف کنیم . روی نماد ( ) کلیک میکنیم تا پنجره شکل زیر باز شود. برای شبیه سازی باید زمینی را انتخاب کنیم که به صورت ( ) باشد. اگر این نماد در کتابخانه نبود از طریق Add Library... به قسمت پوشه‌های Pspice رفته و کتابخانه Source را انتخاب میکنیم.



شکل (۲-۲)

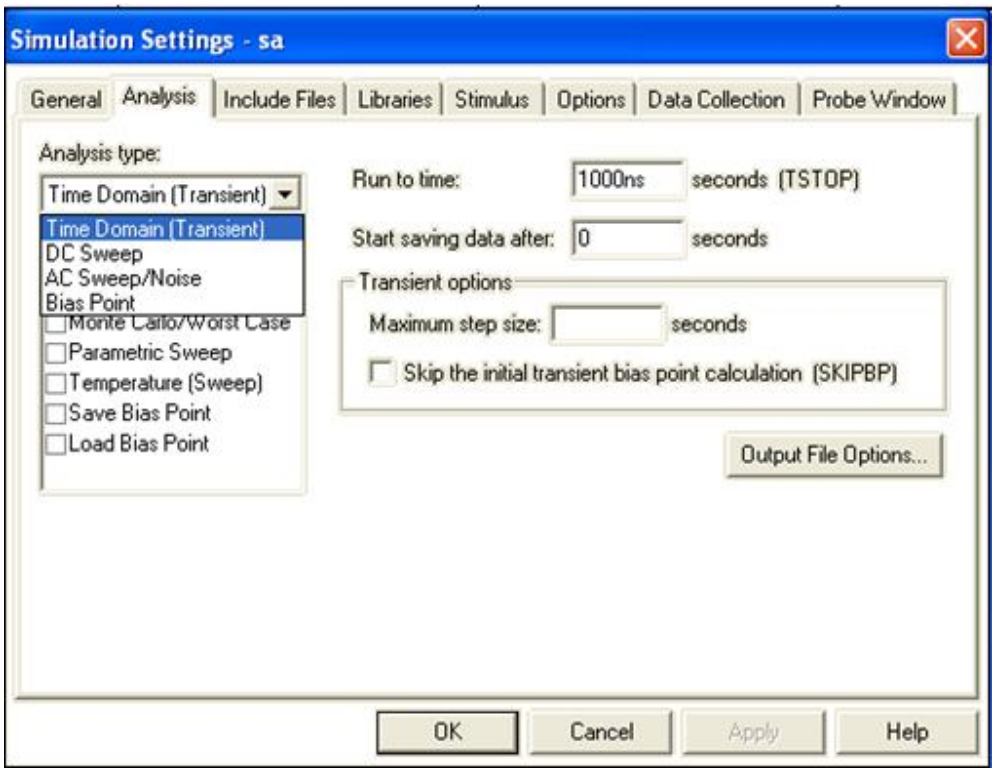
پس از تکمیل مدار باید آن را Simulate کنیم . برای این کار روی نماد ( ) کلیک می‌کنیم New Simulation Profile تا پنجره شکل ۲-۳ باز شود.



شکل (۲-۳)

در قسمت Name نامی را تایپ کرده و قسمت Inherit from را none قرار می‌دهیم و بر روی (

) کلیک میکنیم تا پنجره simulation settings که در شکل(۲-٤) نشان داده شده باز شود.

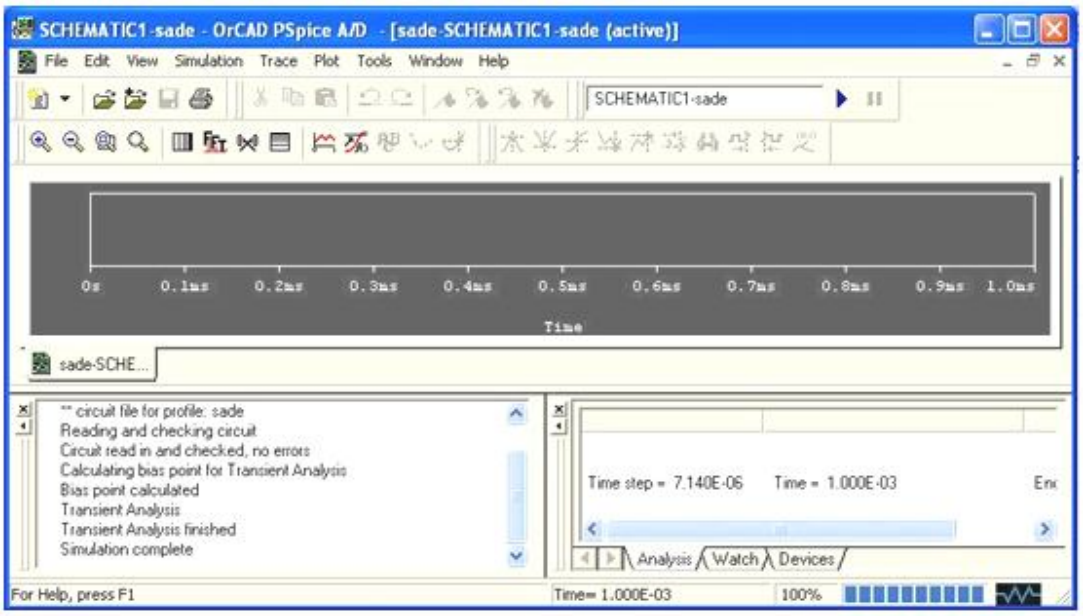


شکل (۲-٤)

در قسمت Analysis type نوع آنالیز مدار را که در اینجا Time Domain (Transient) می‌باشد را مشخص می کنیم. با این کار پنجره ای باز میشود پس از زدن دکمه Ok در این پنجره مدار شبیه سازی میشود.

بعد از این کار باید Run ( ) را کلیک کنید.

اگر مدار شما درست بسته شده و اشکالی نداشته باشد صفحه ORCAD PSpice A/D که در زیر نمایش داده شده است باز می‌شود:

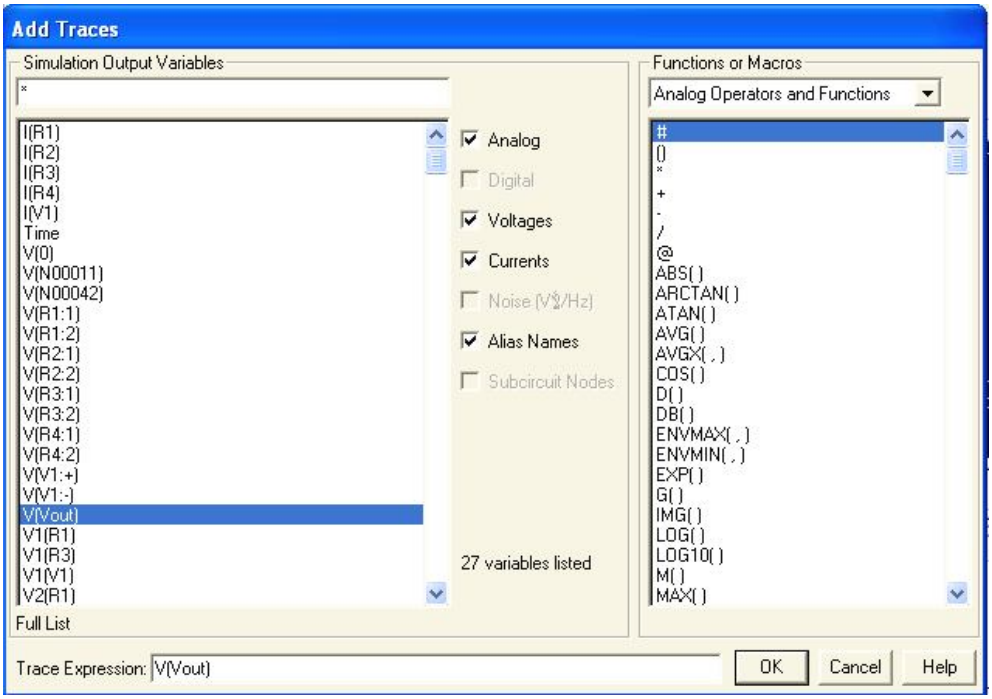


شکل (۲-۵)

در این صفحه نتایج بدست آمده از PSpice به صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود، برای دیدن Vout روی Add Trace ( ) کلیک کنید تا پنجره **شکل (۲-۶)** باز شود[۱].

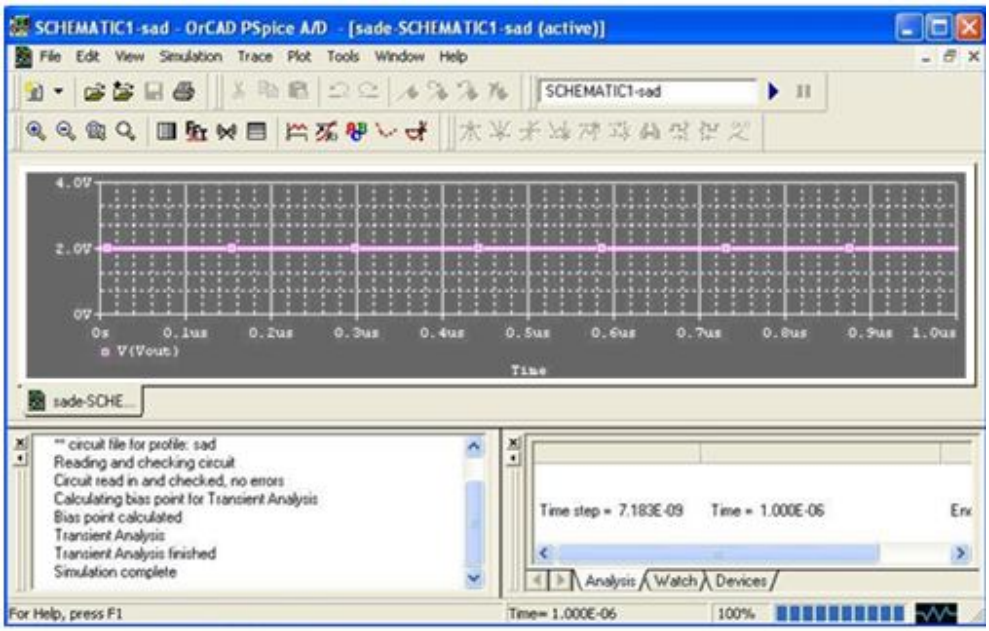
---

۱ - توجه کنید که Vout را با استفاده از Net Alias برای راحتی کار نشانه‌گذاری کرده‌ایم (توضیحات بیشتر در جلسه اول آورده شده است)



شکل (۲-٦)

در پنجره ظاهر شده که در شکل(۲-٦) آن را می‌بینیم گزینه V(Vout) را انتخاب کرده و OK کنید تا شکل موج خروجی به صورت زیر نمایش یابد.



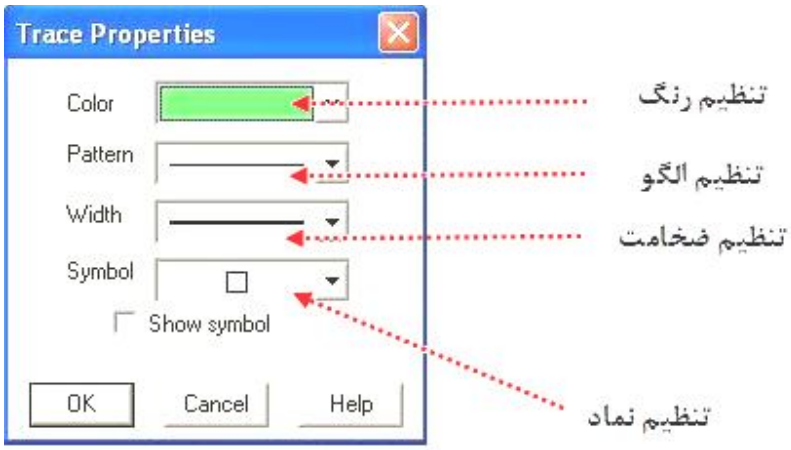
شکل (۲-۷)

اصلاح رنگ و ضخامت شکل موج در Probe :

می‌توانیم رنگ و ضخامت شکل موج خروجی را تغییر دهیم. همان‌طور که در شکل(۲-۷) نیز می‌بینیم ما شکل موج خروجی را به رنگ صورتی تغییر داده‌ایم، برای تغییر خصوصیات ظاهری شکل موج، دکمه راست ماوس را روی شکل موج کلیک کنیدمنوی زیر ظاهر خواهد شد:

شکل (۲-۸)

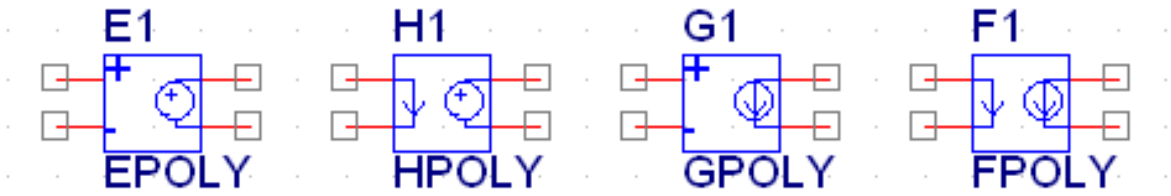
Properties را انتخاب کنید، کادر زیر باز می‌شود. در این کادر امکان انتخاب رنگ، الگو، ضخامت، و نماد برای شکل موج فراهم شده است.



شکل (۲-۸)

منابع وابسته :

در ORCAD منابع وابسته به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند که به بررسی آنها می پردازیم. در شکل(۲-۹) نماد گرافیکی آنها نشان داده شده است:



شکل (۲-۹)

۱- EPOLY منبع ولتاژ وابسته به ولتاژ میباشد.

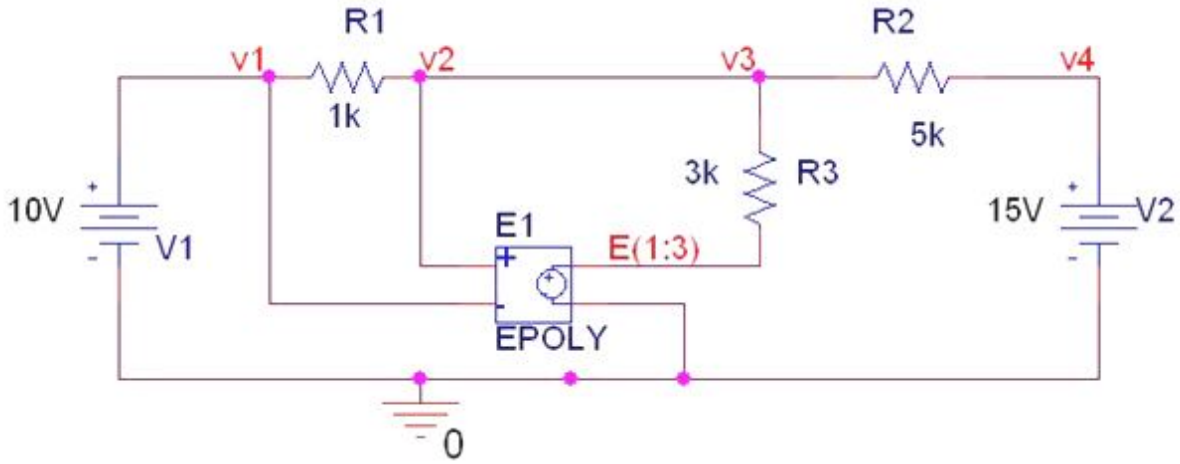
۲- HPOLY منبع ولتاژ وابسته به جریان است.

۳- GPOLY منبع جریان وابسته به ولتاژ است.

٤- FPOLY منبع جریان وابسته به جریان است.

در مثال زیر می خواهیم EPOLY را مورد بررسی قرار دهیم.

مداری مانند شکل(۲-۱۰) می‌بندیم و وابستگی منبع را نسبت به R۱ می‌سنجیم. دقت کنید که منبع EPOLY به طور موازی با قطعه قرار گرفته است.



شکل (۲-۱۰)

توجه کنید که ترمینال‌های مثبت(+) و منفی(-) قطعه EPOLY در شکل(۲-۱۰) جریانی نمی‌کشند و فقط ولتاژ گره‌هایی که به آنها متصل شده‌اند را حس می‌کنند.

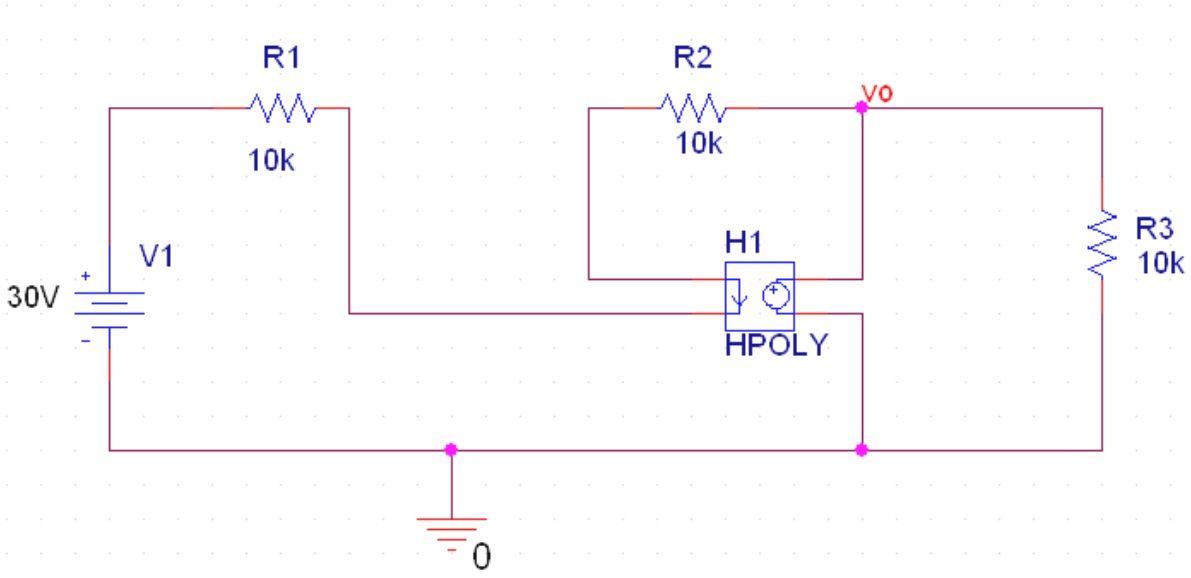
حال باید میزان وابستگی EPOLY به ولتاژ R۱ را مشخص کنیم. برای این کار روی شماتیک آن دابل کلیک کرده تا پنجره edit properties باز شود. بعد در داخل کادر COEFF (

) مقدار وابستگی را مشخص می کنیم. در این مثال عدد ۵ را مشخص میکنیم تا تغییرات واضح باشد. بعد از مشخص کردن مقدار پنجره را بسته و در صفحه شماتیک روی ( ) کلیک میکنیم و مراحل شبیه سازی را همانطور که در قسمتهای قبل توضیح داده شد انجام می‌دهیم. می‌توانیم به راحتی ببینیم که مقدار ولتاژ در خروجی منبع ولتاژ وابسته به ولتاژ (EPOLY) دقیقا ۵ برابر مقدار ولتاژ دو سر مقاومت R۱ است یعنی:

$$E(۱:۳) = ۵(V_۲ - V_۱)$$
$$V_۱ = ۱۰$$
$$V_۲ = ۲۸$$
$$E(۱:۳) = ۹۰$$

مدار دومی که بررسی خواهیم کرد منبع HPOLY میباشد.

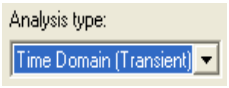
این منبع را در مدار شکل (۲-۱۱) بررسی می‌کنیم.



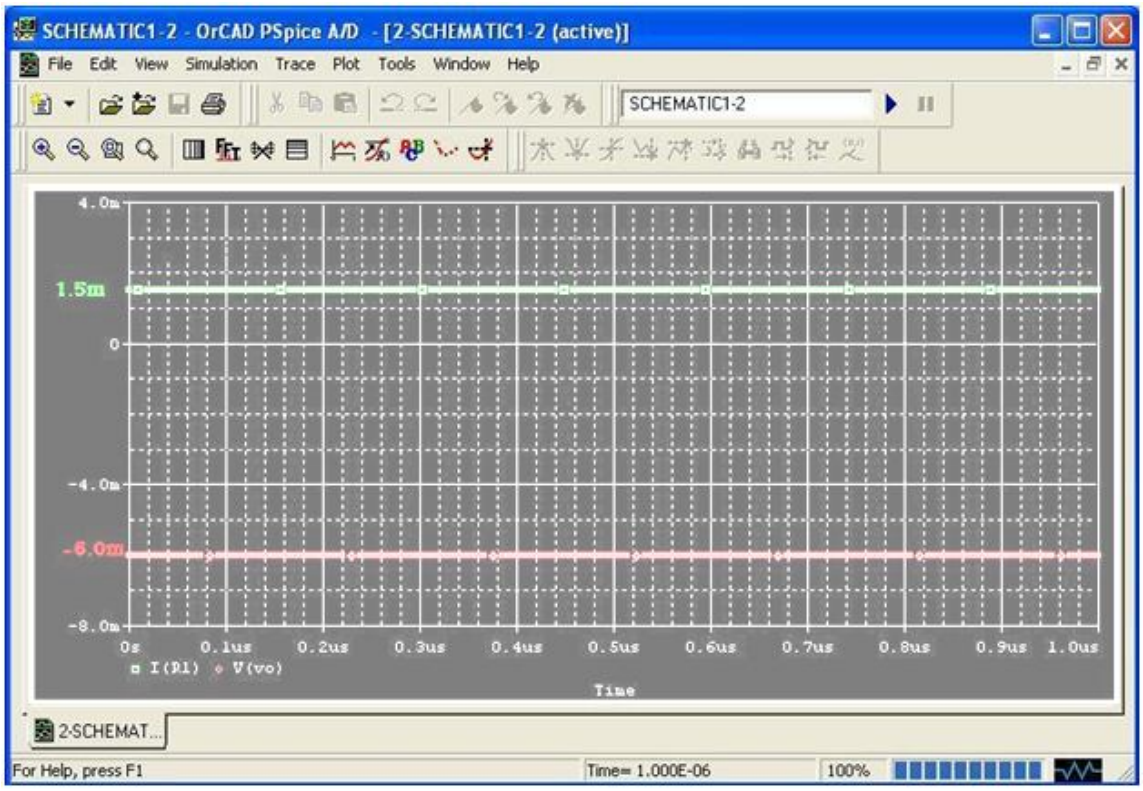
شکل (۲-۱۱)

ولتاژ دو سر R۳ وابسته به جریانی است که از R۱ و R۲ عبور میکند. جریان عبوری از این دو مقاومت ۱.۵mA میباشد و ولتاژ دو سرR۳ نیز با استفاده از HPOLY به این جریان وابسته است. البته دقت داشته باشید که قسمت جریان به صورت سری و قسمت ولتاژ به صورت موازی در مدار قرار گرفته است .

برای تنظیم HPOLY روی شماتیک آن دو بار کلیک کرده و در و در کادر (

) مقدار مورد نظر را تایپ میکنیم (در این مثال مقدار آن را ٤ بگذارید) به صفحه شماتیک برگشته و روی ( ) کلیک میکنیم و در کادر (

) ، Time Domain را انتخاب کرده و Ok را می زنیم. سپس دکمه ( ) را زده ، صفحه Probe باز می‌شود. با انتخاب I(R۱) و V(vo) نتایج زیر بدست می‌آید:

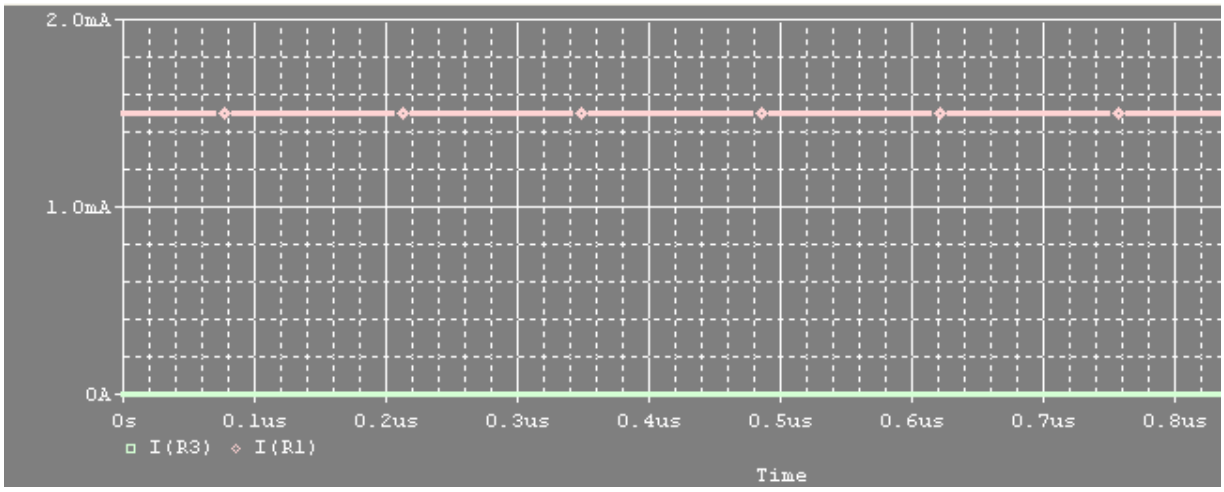


شکل (۲-۱۲)

مشاهده میکنید که ولتاژ دو سر R۳ برابر ٦mV نشان داده میشود.که این ولتاژ ٤ برابر ۱.٥mAیعنی جریان R۱,R۲ می‌باشد.

اضافه کردن محور y دوم:

وقتی دامنه مقادیر عددی شکل موجها به میزان قابل توجهی متفاوت باشند، دیدن برخی شکل موجها مشکل می‌گردد. به عنوان مثال در مدار HPOLY که در بالا آن را بررسی کردیم اگر بخواهیم شکل موج I(R۱) و I(R۳) را همزمان نشان دهیم می‌بینیم که مقدار I(R۳) صفر نشان داده شده است. زیرا مقدار I(R۳) در حدود ۱٥۰nA و مقدار I(R۱) در حدود ۱.٥mA است

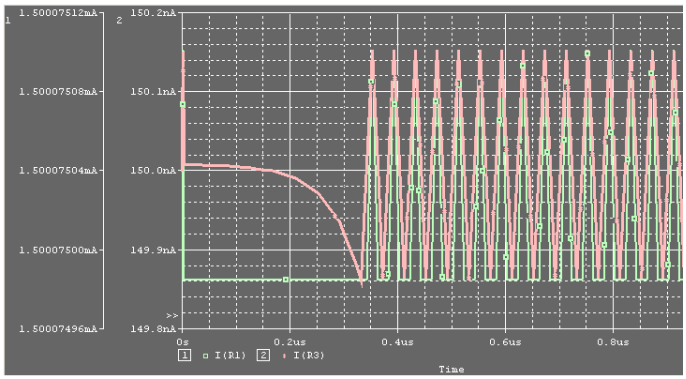


شکل (۲-۱۳)

همانطور که در شکل(۲-۱۳) می‌بینیم برای نشان دادن شکل موج ۱.٥mA محدوده تغییرات محور y از ۰A تا ۲mA تنظیم شده است. به همین دلیل I(R۳) که نسبت به I(R۱) مقدار بسیار کمتری دارد چسبیده به صفر و با رنگ سبز نشان داده شده است. برای حل این مشکل نمایش، محور y دیگری اضافه خواهیم کرد تا یکی از این محورها در محدوده mA برای نشان دادن I(R۱) و دیگری در محدوده nA برای نشان دادن I(R۳) تنظیم شود.

برای اضافه کردن y دیگر، plot و سپس add Y Axis را انتخاب می‌کنیم. بدین ترتیب می‌توان دو شکل موج را در ۲ مقیاس متفاوت برای I(R۱) و I(R۳) رسم نمود که در شکل(۲-۱٥) می‌بینیم.

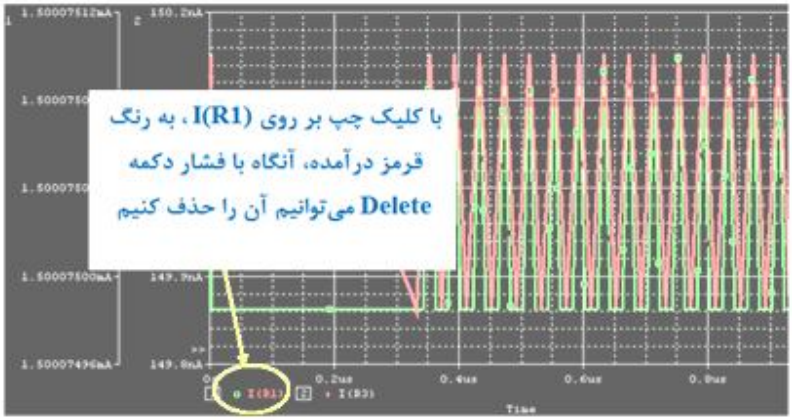
شکل (۲-۱۴)



شکل (۲-۱۵)

حذف شکل موج:

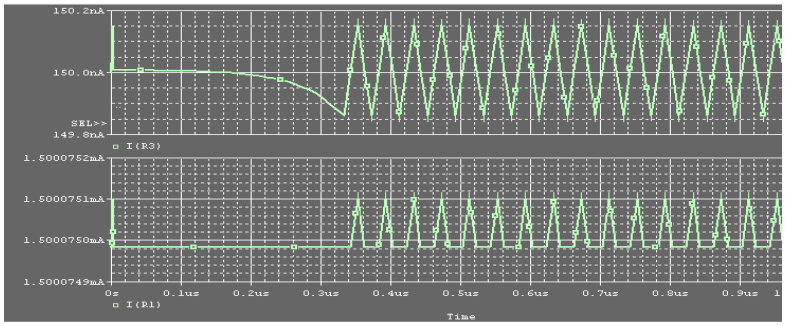
فرض کنید می‌خواهیم شکل موج I(R۱) در شکل صفحه قبل را حذف کنیم، برای اینکار به طریقی که در شکل(۲-۱۶) نشان داده شده است بر روی I(R۱) کلیک چپ نموده، می‌بینیم که نوشته با رنگ قرمز متمایز می-گردد سپس دکمه Delete را می‌زنیم.



شکل (۲-۱۶)

اضافه کردن نمودار:

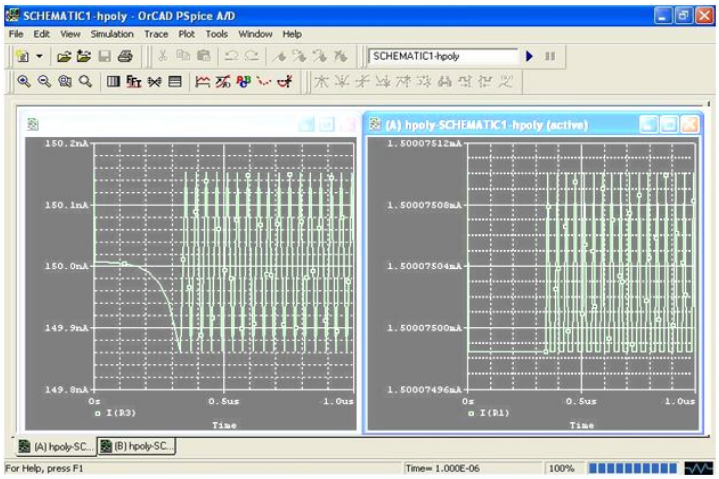
با انتخاب گزینه Add Plot to Window از منوی plot می‌توان این شکل موجها را در دو نمودار جداگانه و در یک صفحه رسم کرد. در شکل زیر شکل موج جریان I(R۱) و I(R۳) در ۲ نمودار متفاوت نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۷)

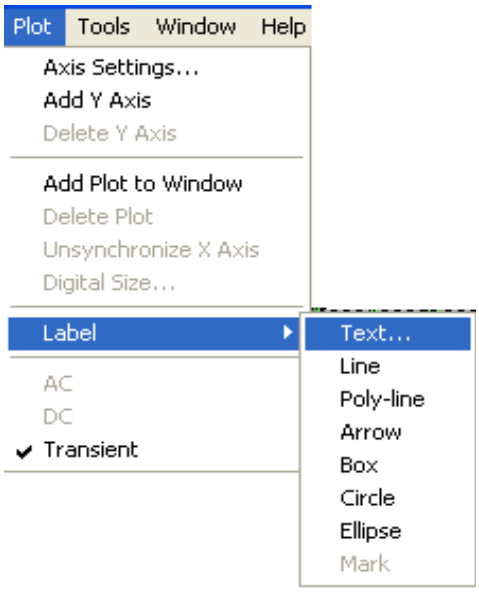
اضافه کردن پنجره:

اگر بخواهیم ۲ شکل موج را در ۲ پنجره متفاوت نمایش دهیم می‌توانیم گزینه New Window از منوی Window را انتخاب کنیم. تا پنجره جدیدی ایجاد گردد. اگرچه فقط یک پنجره را می‌توانیم مشاهده کنیم ولی ۲ پنجره باز است. برای نمایش همزمان ۲ پنجره، Window و سپس Title Vertically یا Title Horizontally را انتخاب نمایید. در شکل(۲-۱۸) شکل موج جریان‌های I(R۱) و I(R۳) در ۲ پنجره متفاوت نشان داده شده است:



شکل (۲-۱۸)

قرار دادن متن در صفحه Probe :

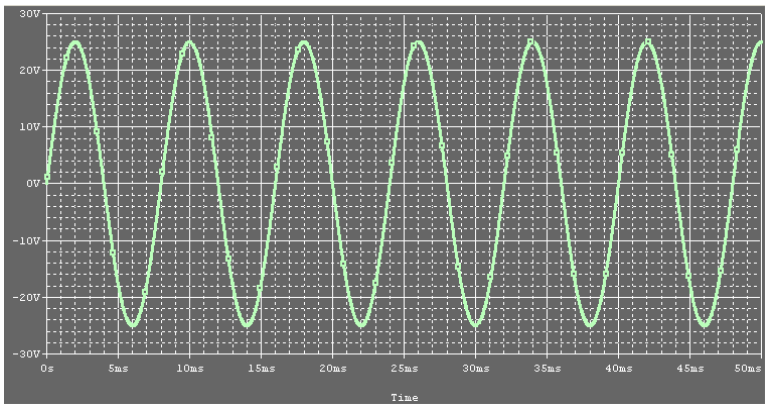


برای قرار دادن متن در صفحه probe می‌توان از منوی plot و سپس Lable گزینه Text را انتخاب کرد یا از گزینه ( ) استفاده نمود.

در مورد گزینه‌های ( ) و ( )در جلسه آینده صحبت خواهیم کرد.

تحلیل گذرا

تحلیل گذرا برای مشاهده شکل موج زمانی استفاده می‌شود. شکل موجها به صورتی که در صفحه اسیلوسکوپ مشاهده می‌گردد نمایش داده می‌شوند. نمونه‌ای از شکل موج زمانی در شکل زیر ارائه شده است:



معادله شکل موج بالا در حوزه زمان $v(t) = ۲۵\sin(۲\pi * ۱۲۵t + ۰^\circ)$ است. این شکل موج دارای دامنه ۲۵ولت و فرکانس ۱۲۵ هرتز و فاز آن ۰° می‌باشد.

منابع مورد استفاده در تحلیل گذرا

منابع زیر برای استفاده در تحلیل گذرا در نظر گرفته می‌شود:

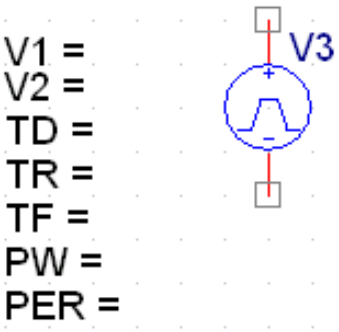
- VSIN و ISIN : منبع ولتاژ و جریان سینوسی. به عنوان مثال $v(t) = ۵\sin(۲۰۰t + ۶۰^\circ)$
- VEXP و IEXP : می‌توان از آن برای ایجاد شکل موج نمایی استفاده نمود. به عنوان مثال شکل موج جریان $i(t) = ۵[۱ - e^t]$
- VPULSE و IPULSE : شکل موج پالسی. می‌توان از آن برای ایجاد شکل موج مربعی استفاده نمود. این موج مربعی با عرض پالس و دوره تناوب مشخص می‌گردد.
- VPWL و IPWL : می‌توان با آن شکل موج دلخواهی که از خطوط راست ساخته شده است، ایجاد نمود. PWL به مفهوم تکه‌ای–خطی (piecewise-linear) است.
- VSFFM و ISFFM : برای ایجاد موج سینوسی مدوله شده فرکانسی استفاده می‌شود.

Vsq : منبع ولتاژ موج مربعی. این منبع برای ساختن موج مربعی از منبع ولتاژ پالسی استفاده می‌کند و در واقع نوع خاصی از Vpulse است.

- Vtri : منبع ولتاژ موج مثلثی . این منبع برای ساختن موج مثلثی از منبع ولتاژ پالسی استفاده می‌کند و در واقع نوع خاصی از Vpulse است.
- V_ttl : موج مربعی صفر تا ۵v با دوره کار قابل تنظیم. این منبع برای ساختن موج مربعی از منبع ولتاژ پالسی استفاده می‌کند و در واقع نوع خاصی از Vpulse است.

منابع و شکل موج پالس:

در این جلسه در مورد منبع **VPULSE** و نحوه ایجاد شکل موج پالسی با استفاده از این منبع صحبت خواهیم کرد.



منبع پالس در **ORCAD** به صورت زیر می باشد که آن را بررسی می‌کنیم. برای آوردن این منبع میتوانید در کادر **Part Place** (**VPULSE**) را تایپ کنید.

۱- V۱: مقدار مینیمم ولتاژ پالس را مشخص می‌کند.

۲ – V۲: مقدار ماکزیمم ولتاژ پالس را مشخص می‌کند.

۳ – TD : مدت زمانی است که طول میکشد که پالس به سمت بالا شروع به حرکت کند.

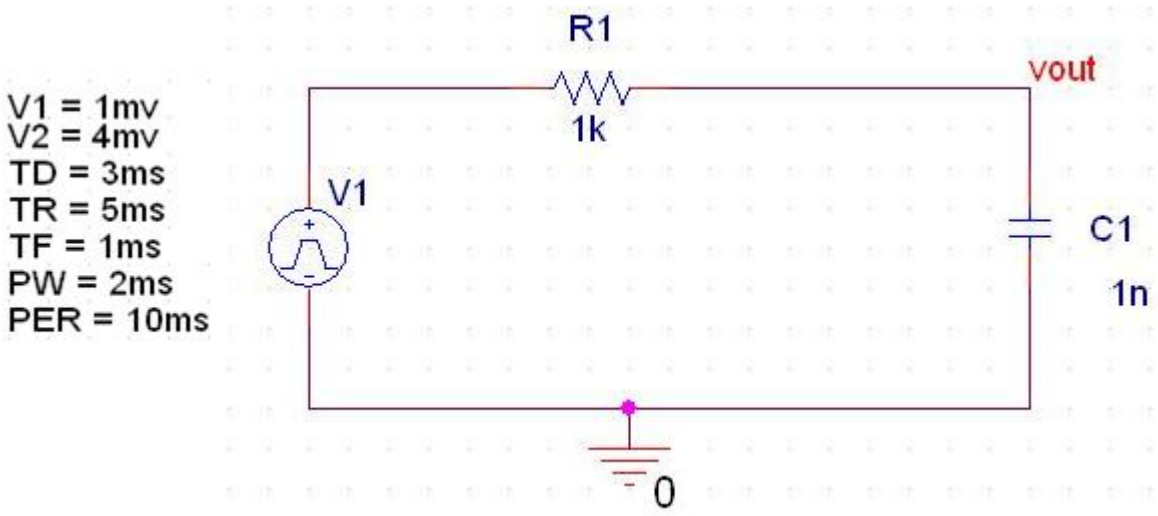
٤– TR : مدت زمانی را مشخص میکند که V۱ به V۲ می‌رسد.

٥– TF : مدت زمانی را مشخص میکند که **V۲** به **V۱** می‌رسد.

٦– PW: پهنای پالس را مشخص می‌کند.

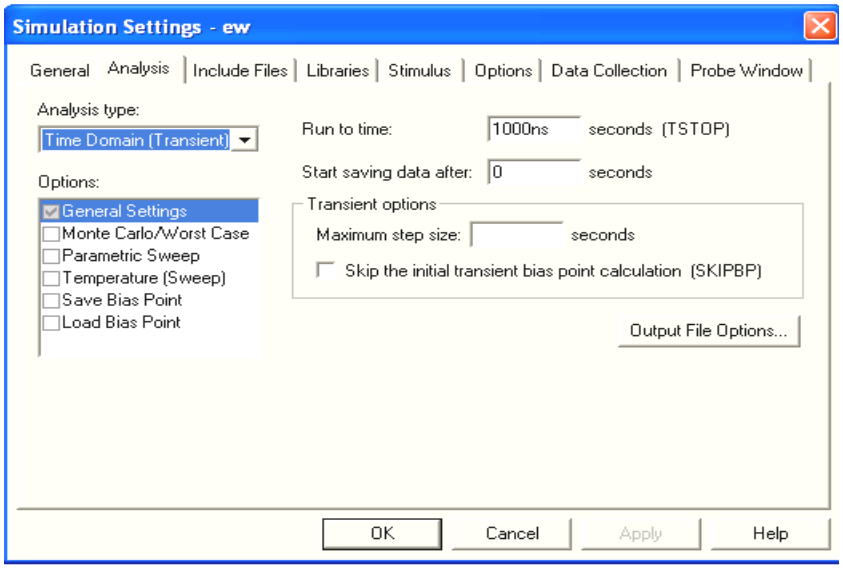
۷–PER: مشخص میکند که شکل کامل در چه مدت زمانی رخ رهد.

با مدار شکل(۳-۱) موارد بالا را بررسی می‌کنیم.



شکل(۳-۱)

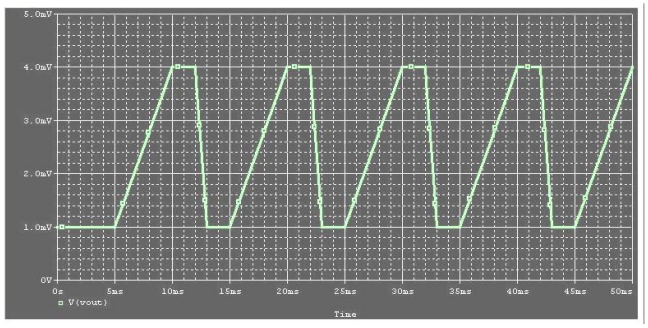
مقادیر V۱، V۲، TD، TR، TF، PW، PER را در قسمت properties منبع پالس وارد کنید. سپس روی ( ) کلیک کنید و برای Simulate نامی انتخاب کنید و OK کنید تا پنجره زیر باز شود.



در قسمت Analysis type تحلیل Time Domain را انتخاب کنید.در قسمت Run to time می‌توانید زمانی را مشخص کنید که می خواهید تا آن زمان شکل پالس را ببینید. (در این مثال ۵۰ms) سپس Ok کنید و روی صفحه شماتیک بعد از مقدار دهی به منبع پالس دکمه ( ) را فشار دهید تا پنجره PSpice A/D باز شود.

همانطور که در جلسه قبل توضیح دادیم برای دیدن Vout روی Add Trace ( ) کلیک کنید تا پنجره Add Trace باز شود.

در قسمت ...Simulation output گزینه V[Vout] را انتخاب کرده و OK کنید تا شکل موج خروجی به صورت زیر نمایش یابد.



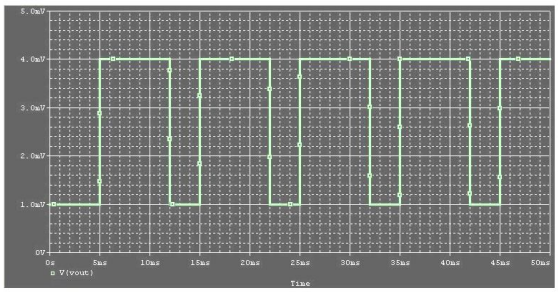
شکل (۳-۳)

توجه: منبع VPULSE جزء منابع AC محسوب می‌شود بنابراین خازن C۱ به‌کار رفته در این مدار همانند حالت مدار باز عمل کرده و در نتیجه شکل موج Vo مشابه شکل موج منبع پالس V۱ است.

اگر مقادیر زیر را برای منبع پالس انتخاب کنیم شکل موج Vout به صورت **شکل (۳-٤) در می‌آید:**

V۱=۱mv V۲=٤mv TD=٥ms TR=۰.۰۰۱ms

TF=۰.۰۰۱ms PW=۷ms PER=۱۰ms

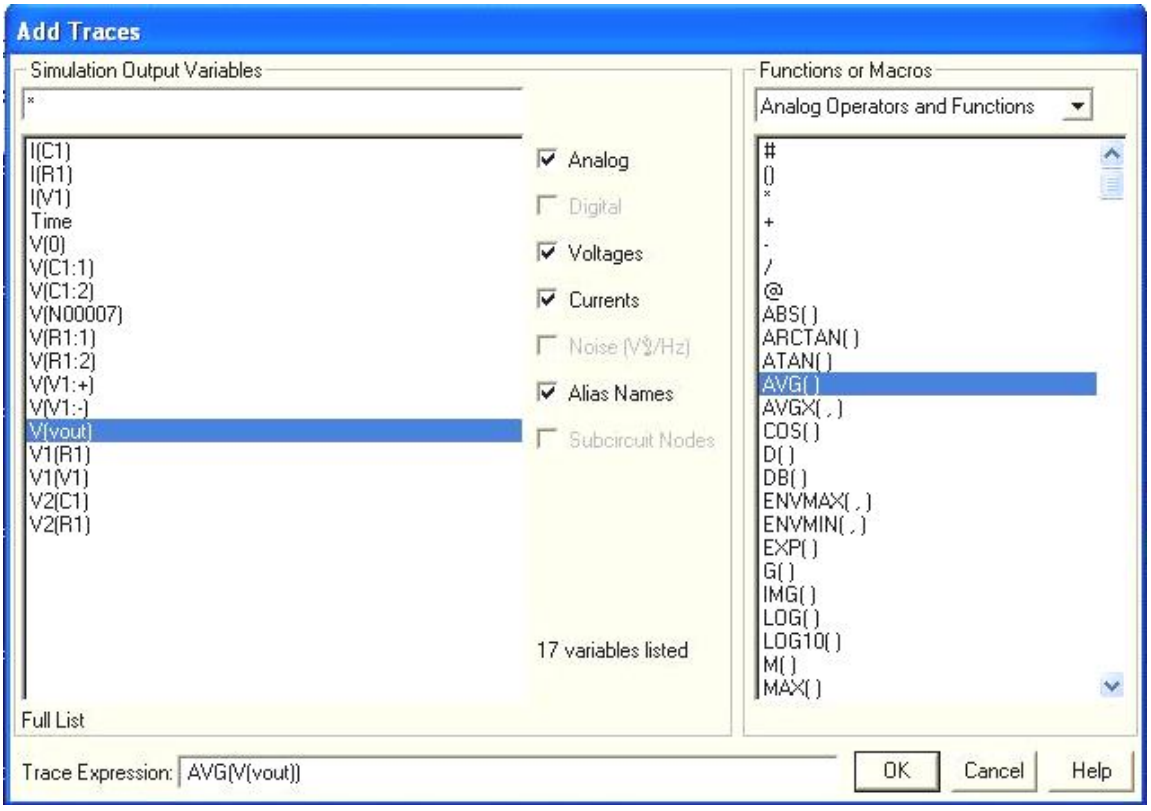


شکل (۳-٤)

حال با مراجعه به **شکل (۳-۳) به توضیح برخی دیگر از گزینه‌های صفحه Probe می‌پردازیم:**

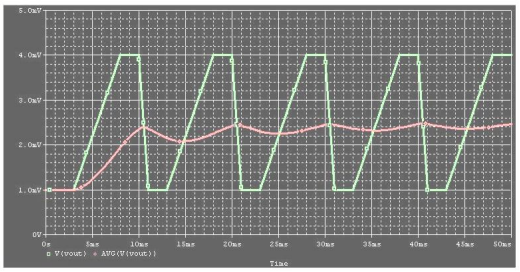
اعمال ریاضی

وقتی گزینه Add Trace را می‌زنیم در قاب سمت راست یک سری اعمال ریاضی را می‌بینیم، مثلا با انتخاب تابع AVG به صورتی که در شکل (۳-۵)نشان داده شده است می توان مقدار متوسط می‌توان متوسط مقدار ولتاژ Vout را به طریقی که نشان داده شده بدست آورد. به همین ترتیب می‌توان سایر توابع ریاضی را اعمال کرد.



شکل (۳-۵)

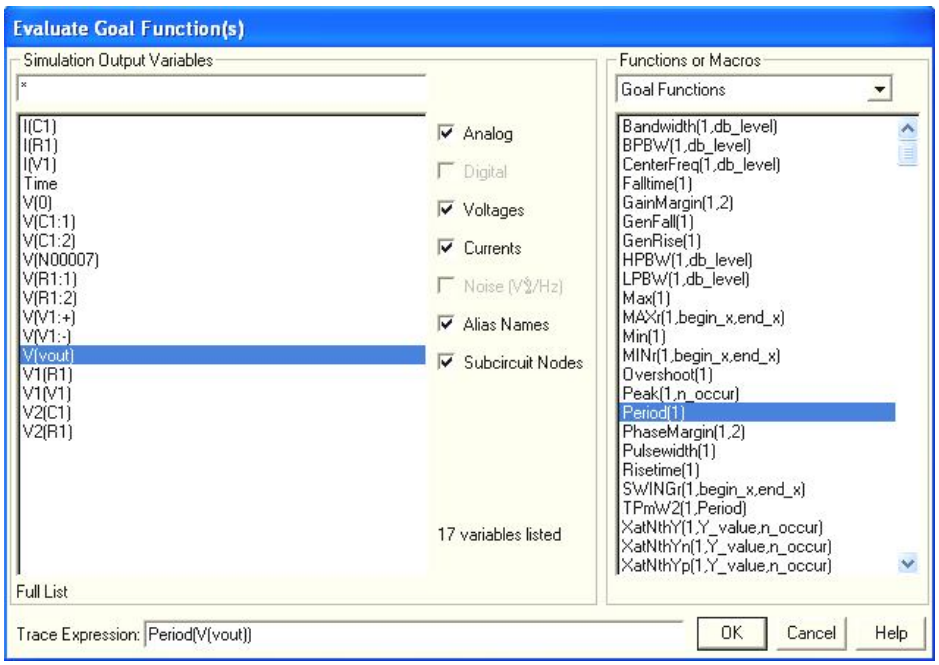
متوسط مقدار ولتاژ Vout در شکل (۳-٦) با رنگ قرمز نشان داده شده است:



شکل (۳-٦)

گزینه Eval Goal Function ( )

با کلیک بر روی گزینه ( ) می‌توان یک سری دیگر از توابع ریاضی را بر شکل موج خروجی اعمال کرد، مثلا همانطور که در شکل(۳-۷) نشان داده شده است می‌توان دوره تناوب Vout را به طریقی که در شکل می-بینیم بدست آورد، همچنین سایر اعمال ریاضی را به طریق مشابه می‌توان بر شکل موج مربوطه اعمال کرد:



شکل(۳-۷)

استفاده از مکان نماها

از مکان نماها می‌توان برای بدست آوردن مقادیر عددی از شکل موج استفاده نمود. برای به نمایش درآوردن مکان نماها، دکمه مکان‌نما ( ) را کلیک کنید، پس از کلیک کردن دکمه، همانطور که در شکل(۳-۸) نشان داده شده است مکان‌نماها به نمایش در خواهند آمد.

ابزارهای گوناگونی برای مکان‌یابی مکان‌نمای فعال وجود دارد. برخی از این دکمه‌ها در زیر توصیف شده‌اند:

قراردادن مکان‌نما در حداکثر محلی بعد

قراردادن مکان‌نما در حداقل محلی بعد

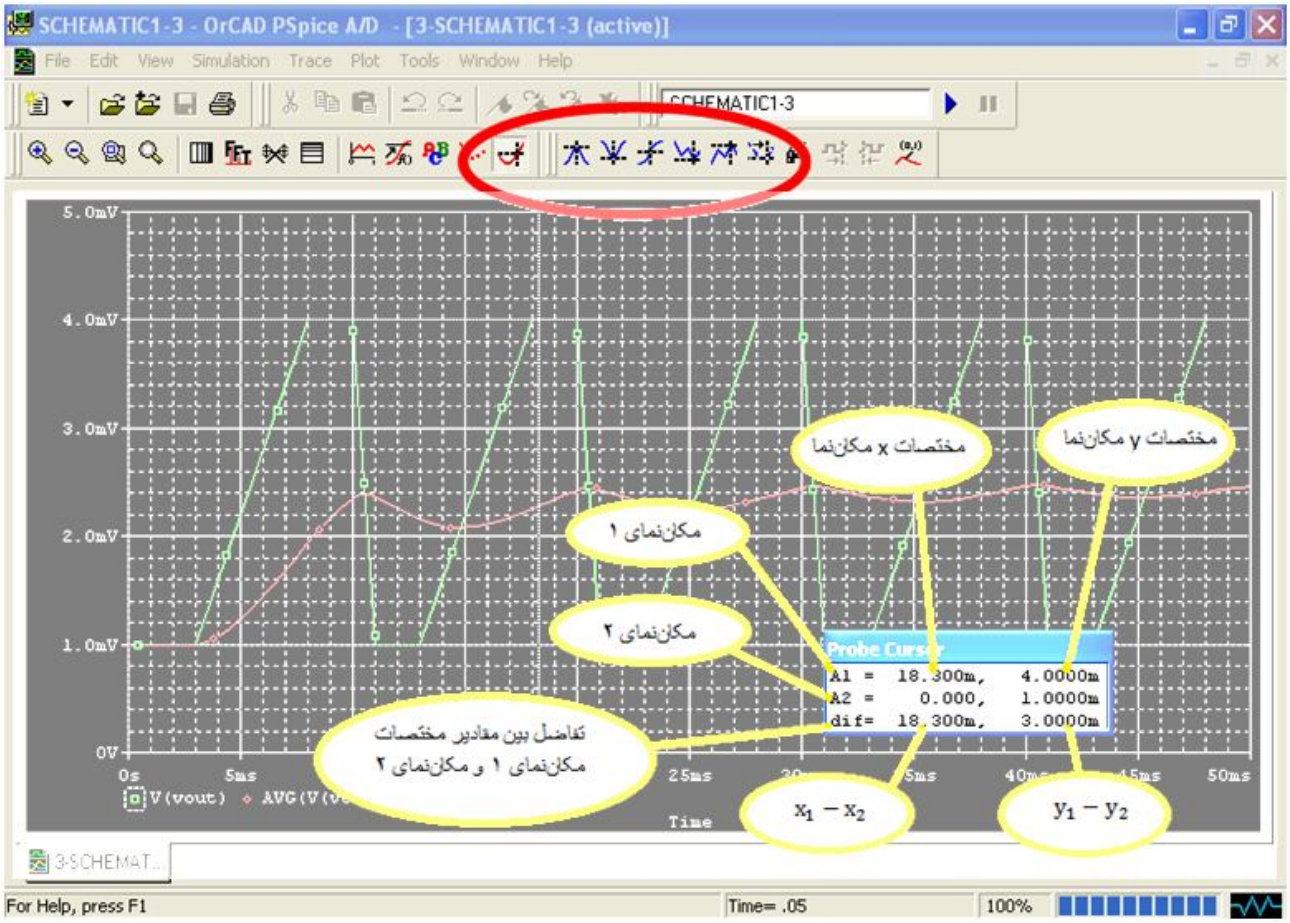
قراردادن مکان‌نما در حداکثر مطلق شکل موج

قراردادن مکان‌نما در حداقل مطلق شکل موج

کادر مکالمه جدیدی در صفحه Probe نمایش یافته است. این کادر مکالمه مختصات هر مکان‌نما و اختلاف بین دو مکان‌نما را نمایش می‌دهد. (۲ مکان نما وجود دارد.)

مکان نماها را می‌توان با استفاده از دکمه‌های ماوس یا صفحه کلید کنترل نمود. دکمه چپ ماوس مکان‌نمای ۱ را جابه‌جا می‌کند و دکمه راست ماوس مکان‌نمای ۲ را جابه‌جا می‌نماید. همچنین کلیدهای جهت دار چپ و

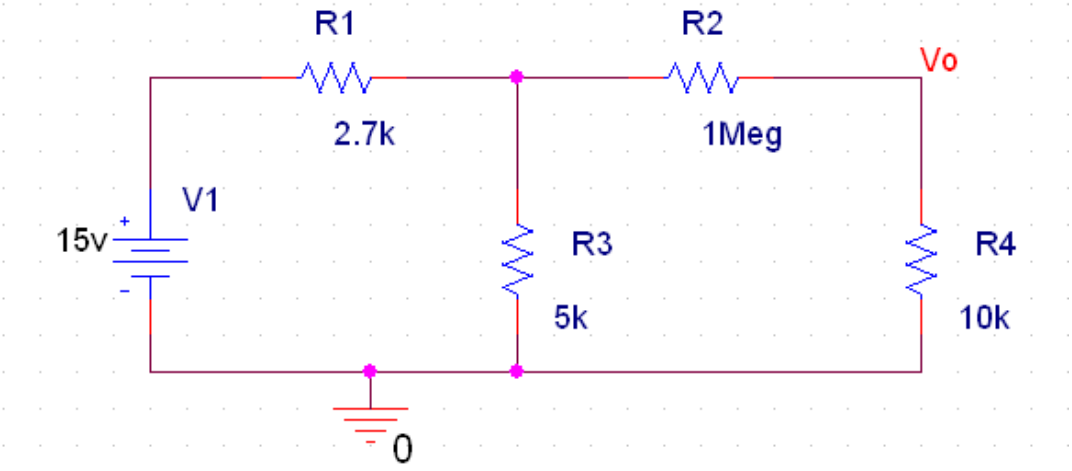
راست مکان‌نمای ۱ را جابه‌جا می‌کند و کلید Shift بعلاوه کلیدهای جهت دار چپ و راست مکان‌نمای ۲ را جابه‌جا می‌نماید.



تحلیل DC Sweep (جاروب DC) :

جاروب **DC** مشابه تحلیل ولتاژ گره است با این تفاوت که قابلیت انعطاف بالاتری ارائه می‌کند. یعنی امکان تغییر ولتاژ یا جریان منابع **DC** را فراهم می‌کند. همچنین با تحلیل **DC Sweep** میتوان خروجی را به ازای تغییرات ورودی مشاهده کرد. به عبارت دیگر بدین وسیله امکان ترسیم **مشخصه انتقالی مدار** وجود دارد.

به عنوان مثال در مدار شکل زیر که در جلسه دوم بررسی کردیم با انتخاب **V۱=۱۵v** مقدار **Vo** برابر **۹٦mv** می شود.



شکل(٤-۱)

حال سؤال ما اینست که با افزایش ولتاژ **V۱** از صفر تا **۲۵v** ولتاژ **Vo** یا جریان شاخه‌ها چگونه تغییر خواهند کرد؟

پاسخ این سؤال استفاده از تحلیل **DC Sweep** است.

توجه: در تحلیل **DC Sweep** همانند تحلیل **AC** ، خازن‌ها اتصال باز و القاگرها اتصال کوتاه فرض می‌شوند.

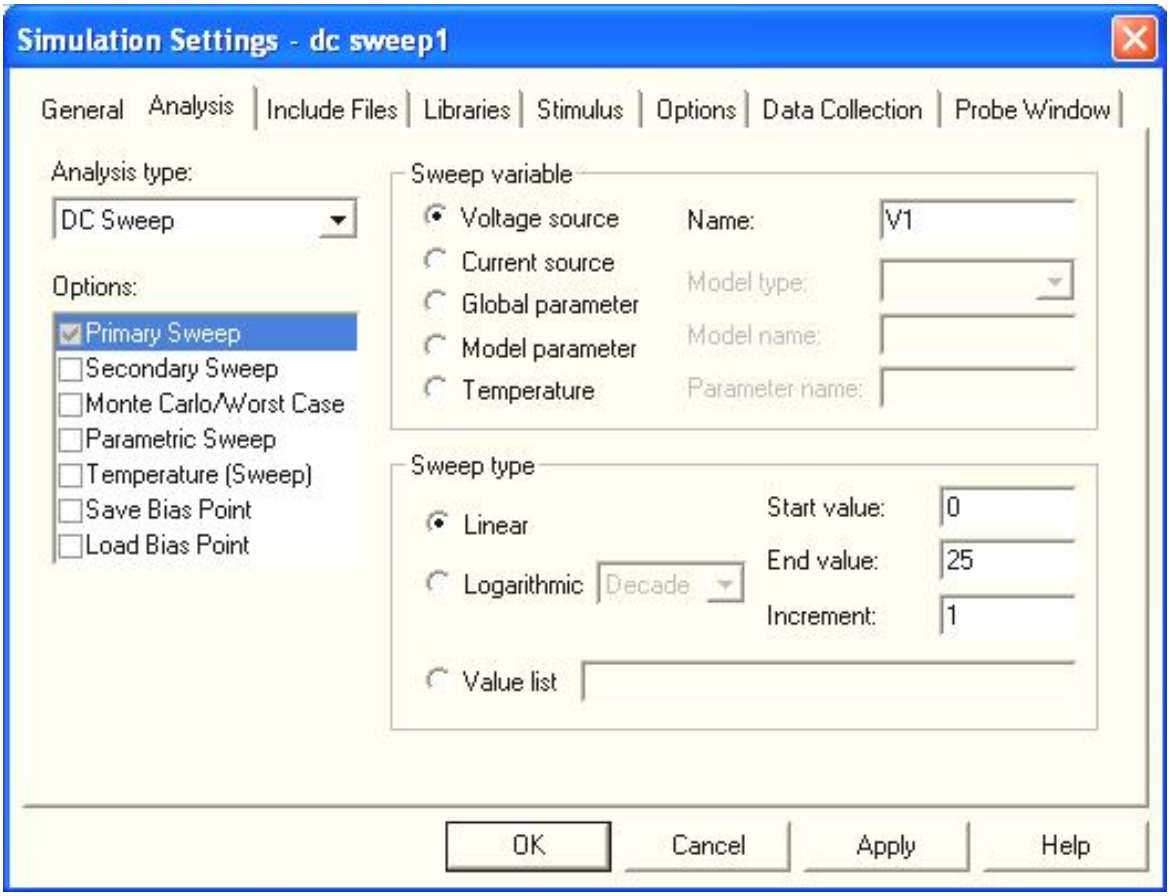
در این مثال جاروب یک پارامتر را نشان خواهیم داد.

به قسمت **Simulation Setting** رفته و **DC Sweep** را انتخاب کنید. پنجره **شکل(٤-۲)** باز می‌شود.

پارامترهای جاروب اولیه را تنظیم می‌کنیم. جاروب اولیه بدین مفهوم است که فقط یک پارامتر مدار را برای شبیه سازی تغییر می‌دهیم. با جاروب ثانویه می‌توانیم دو پارامتر را تغییر دهیم.

منبع ولتاژ **V۱** را از صفر تا **۲۵v** و با گام افزایش یک ولت جاروب افزایش خواهیم داد.

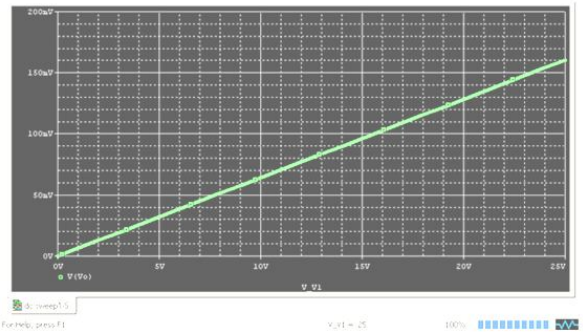
در قسمت **Voltage source** نام منبع ولتاژ را می نویسیم. در **Start value** ولتاژ اولیه و در **End value** ولتاژ نهایی را مشخص می‌کنیم. **Increment** نیز مقدار گامها را مشخص می‌کند. در اینجا گام افزایش یک ولت را در این قسمت وارد می‌کنیم:



شکل(٤-۲)

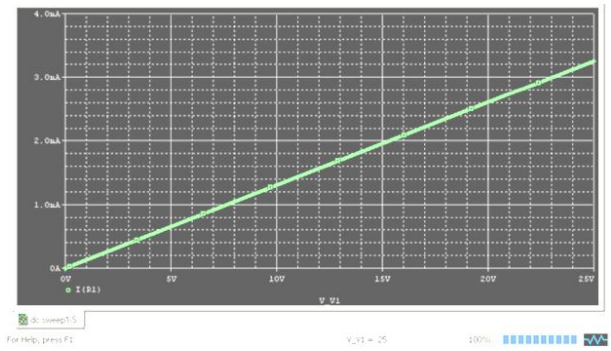
Ok کنید و دکمه **Run** ( ) را فشار دهید.

در پنجره **Probe** که باز می‌شود **Add Trace** ( ) را فشار دهید و **V(Vo)** را انتخاب کنید تا **شکل(٤-٣)** نشان داده شود.



شکل(٤-٣)- ولتاژ خروجی شکل(٤-١) به ازای تغییرات منبع ولتاژ از ۰V تا ۲۵V

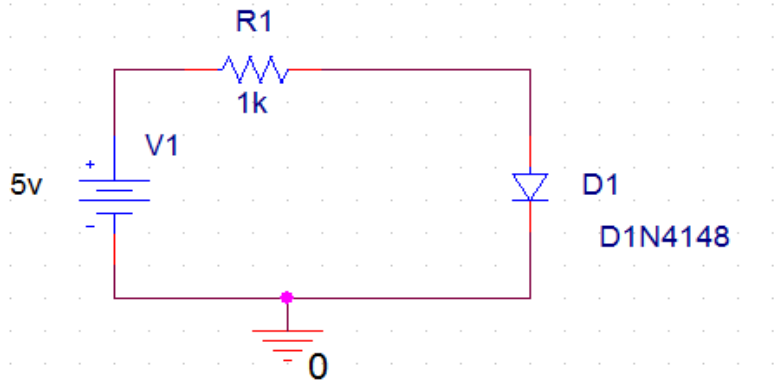
با انتخاب **I(R۱)** می‌توان تغیرات جریان عبوری از مقاومت **R۱** نسبت به تغییر منبع ولتاژ **V۱** را مشاهده نمود:



شکل(٤-٤)

مشخصه ولتاژ-جریان دیود:

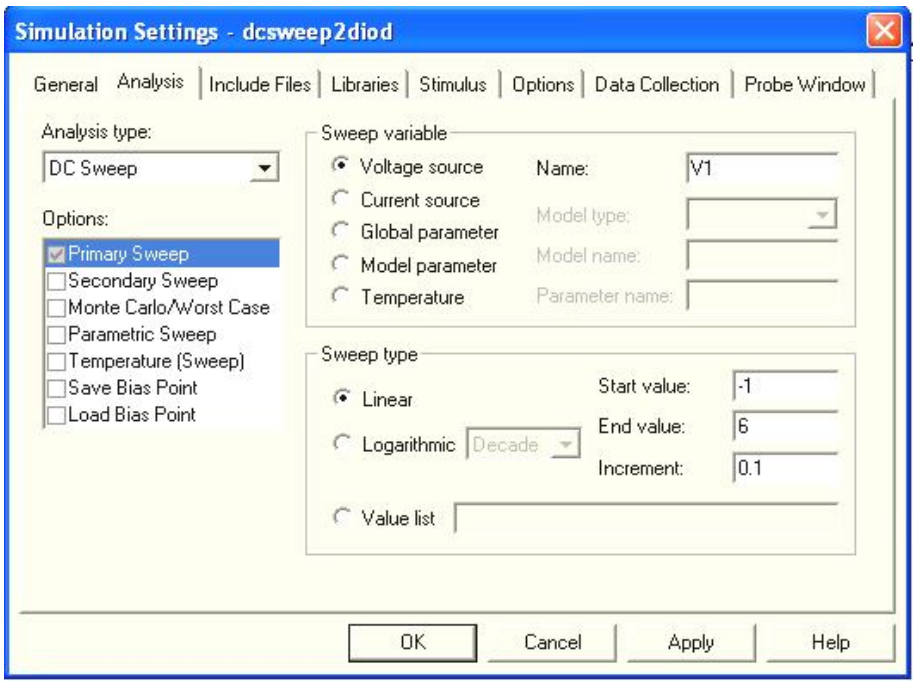
با مثالی میخواهیم مشخصه **V-I** دیود را ببینیم. مدار **شکل(٤-٥)** را ببندید.



شکل(٤-٥)

چون می‌خواهیم تغیرات جریان دیود را نسبت به تغییرات ولتاژ دیود ببینیم و منبع ولتاژ ما هم **DC** است پس باید از تحلیل **DC Sweep** استفاده کنیم.

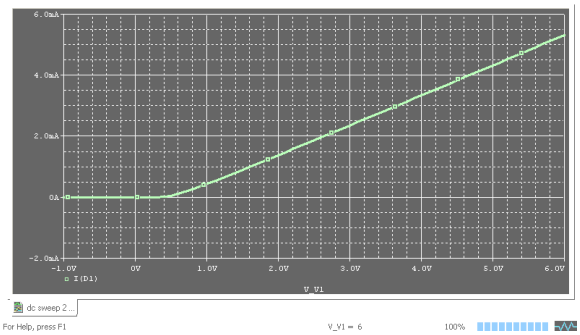
به قسمت **Simulation Settings** رفته و در قسمت **Analysis Type** گزینه **DC Sweep** را انتخاب کنید.



شکل(٤-٦)

همانطور که در **شکل(٦-٤) نشان داده‌ایم** در قسمت **Voltage source** نام منبع ولتاژ را می‌نویسیم. در **Start value** مقدار ولتاژ اولیه را **(١v-)** و در **End value** ولتاژ نهایی را **(٦v)** مشخص می‌کنیم. در قسمت **Increment** نیز مقدار گام جاروب **DC** را در این قسمت **(٠.١)** انتخاب می‌کنیم.

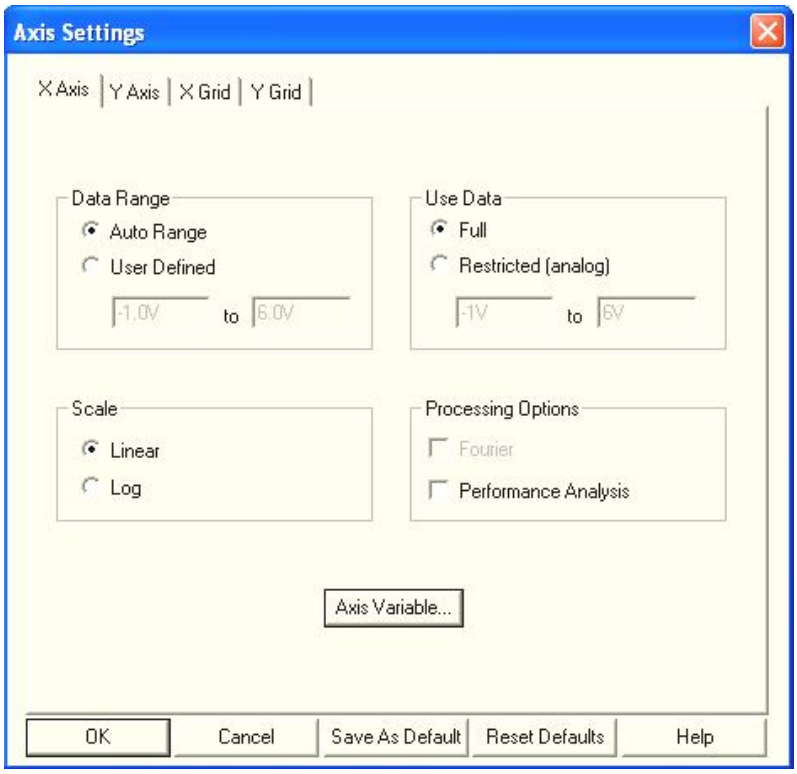
همانند قسمت قبل در پنجره **Probe** گزینه **Add Trace** ( ) را زده و **I(D١)** را انتخاب کنید تا شکل(٤-٧) نشان داده شود.



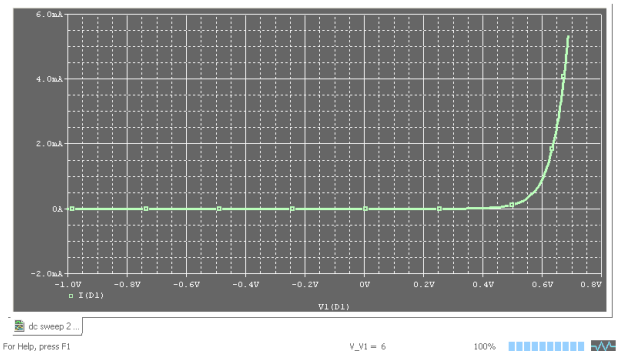
شکل(٤-٧)مشخصه انتقالی جریان دیود به ازای مقادیر مختلف منبع ولتاژ از **١v-** تا **٦v** **(I(D) - V١)**

تغییر محور X ها:

حال باید محور **X** را به **VD** تغییر دهیم. روی محور **X** درصفحه **Probe** کلیک راست را زده و **SETTING...** را انتخاب کنید تا پنجره **شکل(٤-٨)** باز شود. (همچنین می‌توانید از منوی **Plot** و گزینه **Axis Settings...** نیز این کار را انجام دهید.) لبه **X Axis** را انتخاب کنید و روی (Axis Variable...) کلیک کنید و در پنجره ای که باز میشود **V١(D١)** را انتخاب کنید تا منحنی **V-I** دیود به صورت **شکل (٤-٩)** نمایش یابد.



شكل (٤-٨)

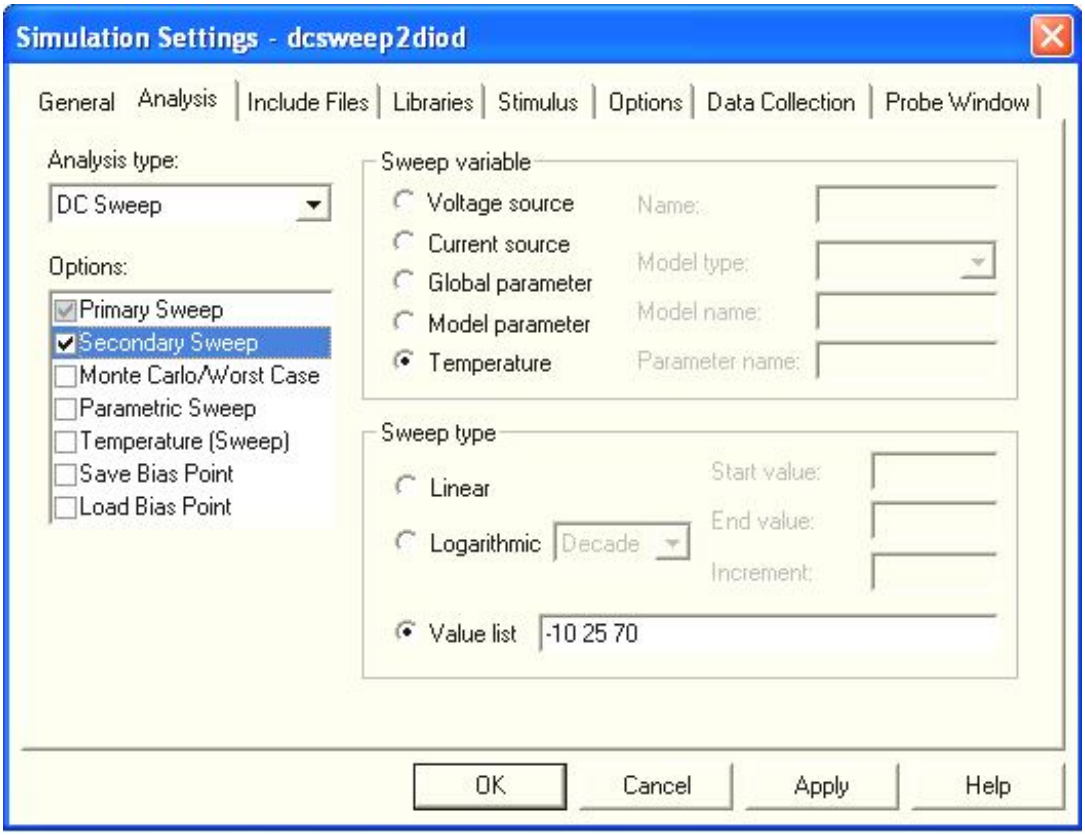


شكل (٤-٩) مشخصه انتقالی جريان ديود به مقادير مختلف ولتاژ ديود از ١v- تا ٠.٨ v ((I(d),V(d))

تغییرات دما :

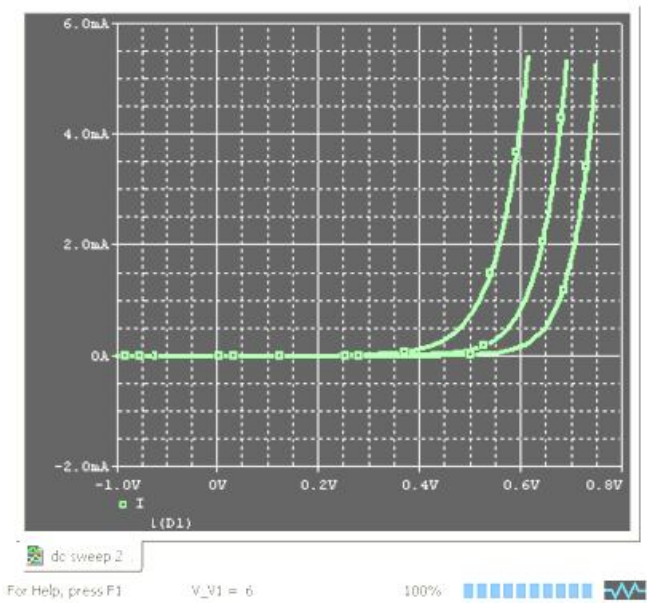
در این قسمت می‌خواهیم ببینیم که تغییرات دما چه تغییری در منحنی ولتاژ – جریان دیود دارد. برای این کار باید از **Secondary Sweep** استفاده‌کنیم.به صفحه اصلی **Capture** باز می‌گردیم. گزینه**Edit Simulation** را کلیک کرده تا صفحه تنظیمات **Simulation** دوباره باز شود. تنظیمات قبل را که مربوط به **Primary Sweep** است را تغییر نمی‌دهیم. **Secondary Sweep** را انتخاب می‌کنیم تا پنجره **شکل(٤-١٠)** باز شود.

در این پنجره **Temperature** را انتخاب کنید و در قسمت **Value List** دمایی را که می خواهید در آن تحلیل صورت گیرد را مشخص کنید.



شکل(٤-١٠)

OK کنید و در صفحه شماتیک ( ) را کلیک کنید. مانند حالت قبل منحنی **V-I** را بیاورید . خواهید دید که منحنی به صورت زیر نمایش خواهد یافت:



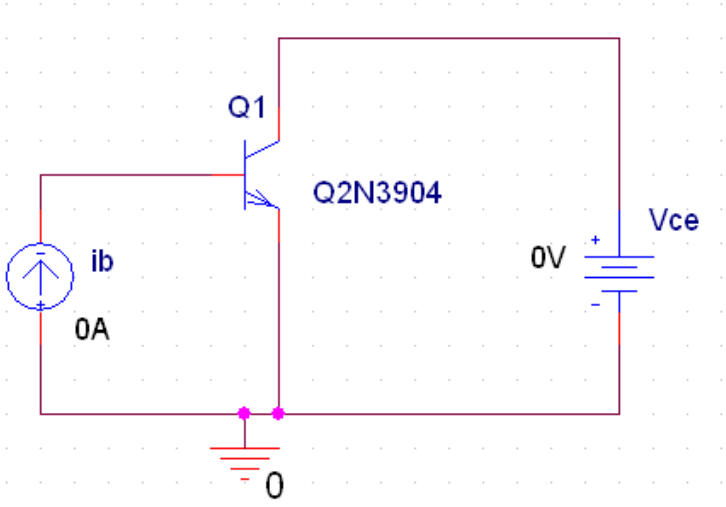
شکل(٤-١١)

در شکل بالا مشخصه انتقالی جریان دیود به ازای مقادیر مختلف ولتاژ دیود و نیز به ازای سه مقدار مختلف دما ١٠- و٢٥ و٦٠ درجه سانتیگراد رسم شده است.

منحنی مشخصه BJT

با استفاده از جاروب dc می‌توان منحنی مشخصه ترانزیستور را ترسیم کرد.

برای دیدن منحنی مشخصه BJT از مدار زیر استفاده میکنیم:



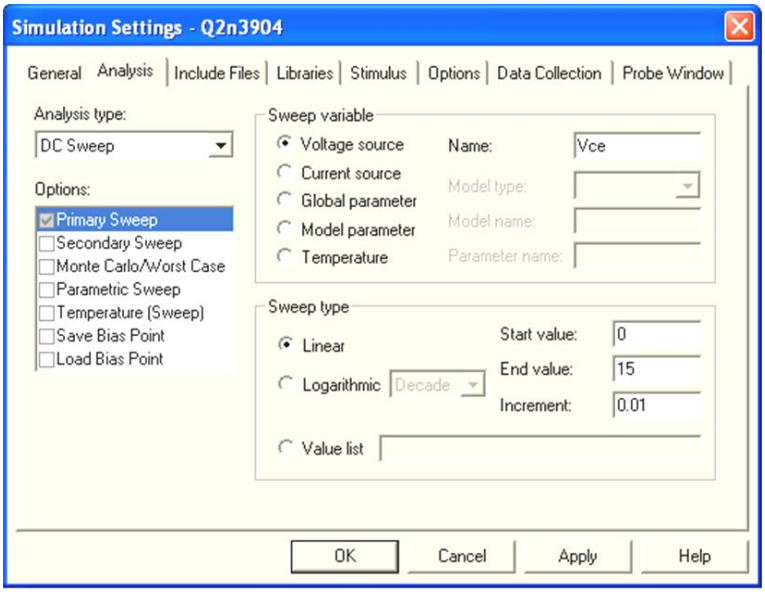
شکل (۵-۱)

نکته ۱: با تایپ IDC در قسمت Part یا نماد( ) می توان به منبع جریان دسترسی پیدا کرد.

نکته ۲: با تایپ نام ترانزیستور یعنی Q۲N۳۹۰٤ در قسمت Part یا نماد( ) می توان به ترانزیستور مورد نظر دسترسی پیدا کرد.

یادآوری : با تحلیل DC SWEEP میتوان خروجی را به ازای تغییرات ورودی (منحنی مشخصه) مشاهده کرد. بنابراین لازم است Primary Sweep و Secondary Sweep را راه‌اندازی نماییم.

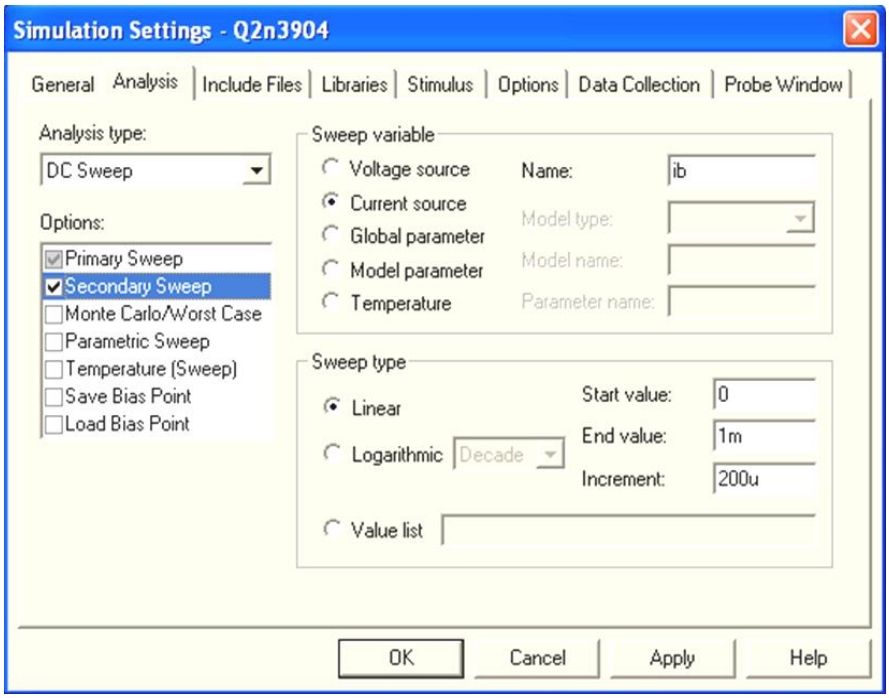
New Simulation Profile رو کلیک کرده، یک نام انتخاب می‌کنیم، پنجره Simulation Setting ظاهر می‌گردد. DC Sweep را برای Analysis Type انتخاب کرده و همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده تنظیمات Primary Sweep را انجام می‌دهیم.



شکل (۵-۲)

Primary Sweep برای جاروب Vce از صفر تا ۱۵ ولت و کام افزایشی ۰/۰۱ ولت تنظیم شده است. برای Sweep type گزینه linear انتخاب شده است که بیانگر فاصله یکسان نقاط ولتاژ می‌باشد.

حال برای تنظیمات Secondary Sweep به تنظیمات Primary Sweep دست نمی‌زنیم. Secondary Sweep را انتخاب کرده و تنظیمات را همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده است انجام می‌دهیم:

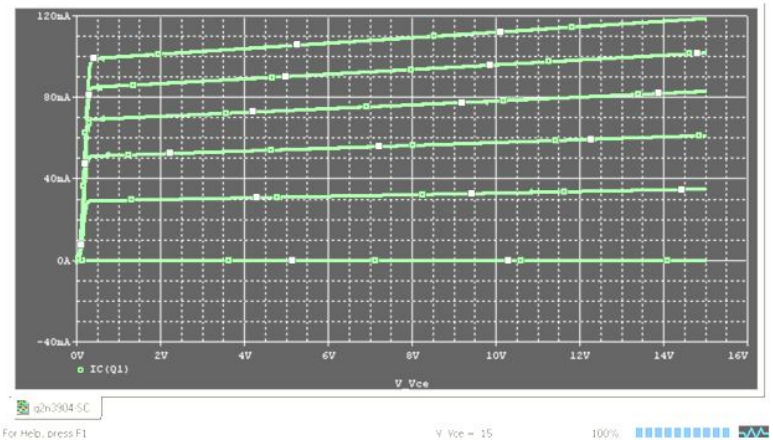


شکل (۵-۳)

OK کرده و مدار را Run ( ) کنید.

اگر مدار را درست بسته و تنظیمات را به طور صحیح انجان داده باشید صفحه Probe باز می‌شود.

از منوی Trace گزینه ی Add Trace را انتخاب کنید.سپس اگر Ic(Q) را انتخاب کنید شکل موج Ic (جریان کلکتور) به صورت شکل (٥-٤) خواهد بود:



شکل (٥-٤) مشخصه انتقالی جریان کلکتور به مقادیر مختلف ولتاژ از ٠v تا ١٦v (Ic,V)

نکته : چون ما در SECONDARY SWEEP مقدار گامها (Increment) را برای منبع جریان ٢٠٠uA انتخاب کردیم بنابراین به ازای ٦ مقدار مختلف منبع جریان یعنی ٠ ، ٢٠٠، ٤٠٠ ،٦٠٠، ٨٠٠ و ١٠٠٠ میکرو آمپر، ٦ شکل موج مختلف برای Ic(جریان کلکتور) رسم شد.

ترسیم توابع ریاضی و آنالیز فوریه

اگر چه محیط PSpice جهت نمایش شکل موجهای موجود در مدار طراحی شده است امّا این قابلیت را دارد که همانند نرم افزار های ریاضی (مثل Matlab) شکل توابع ریاضی را ترسیم کند که البته دارای محدودیت است که محور افقی تنها مقدار مثبت را داراست چون متغیّر توابع ما زمان هستند.

برای اینکار مراحل زیر را انجام دهید:

١- یک پروژه ی جدید ایجاد کنید.

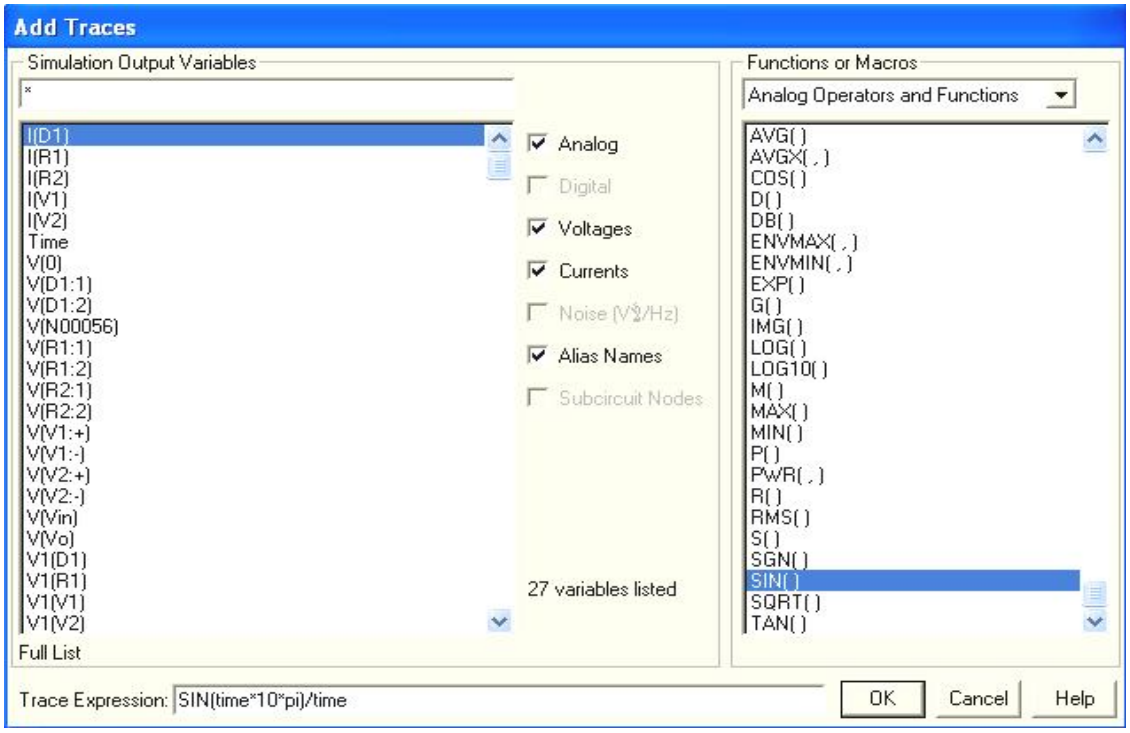
٢- مداری را ترسیم کنید و سپس آن را شبیه سازی کنید.

۳- از منوی Simulation ، گزینه ی Edit Simulation setting را انتخاب کنید و در فیلد Run To Time زمان مورد نظر را (مثلاً۱S) وارد کنید.

٤- در محیط SCHEMATIC از منوی Trace گزینه ی Add Trace را انتخاب کنید.

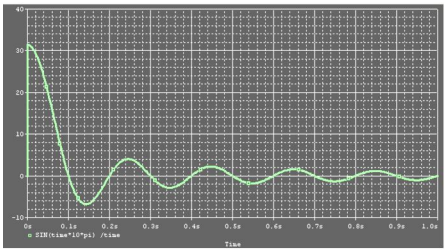
٥- در کادر حاصل از لیست Functions توابع مورد نیاز را انتخاب کنید و سپس با متغیر Time یک تابع ریاضی بنویسید.همانند شکل (٤-٨)

مثلاً $\frac{\sin(۱۰\pi t)}{t}$ که به شکل زیر نوشته می شود .



شکل (٥-٥)

با کلیک بر روی OK این تابع به صورت زیر ترسیم می شود:



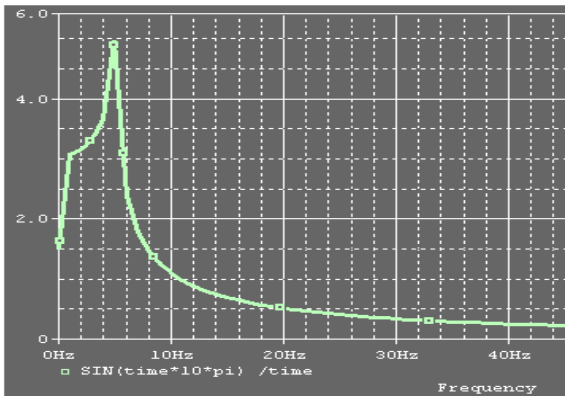
شکل(٥-٦)

مدار ترسیم شده در Capture هیچ تأثیری در این شکل موج ندارد و تنها جهت دستیابی به محیط ESpice ایجاد شده است.

بیشترین فرکانس منبع موجود در مدار زمان شبیه سازی را تعیین می کند، از این رو از منبع DC استفاده کردیم.

برای مشاهده ی طیف فوریه ی یک سیگنال بر روی دکمه ( ) FFT کلیک کنید.

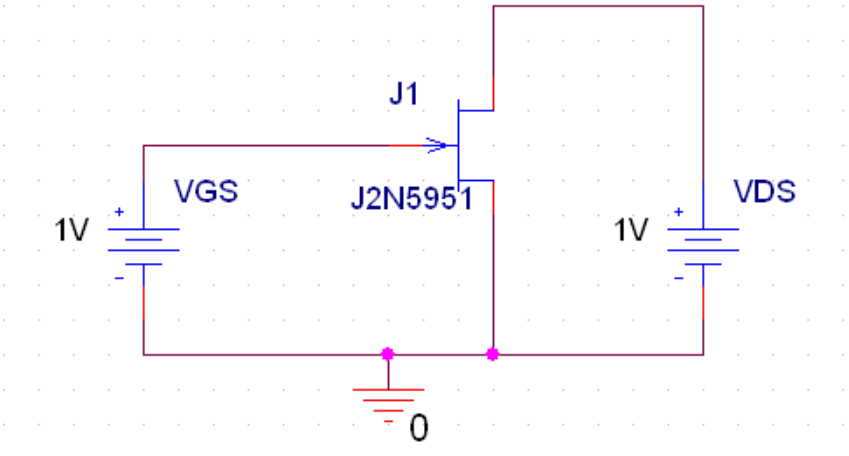
به عنوان مثال با کلیک بر روی دکمه FFT طیف فوریه ی سیگنال قبل به صورت زیر رسم می شود:



شکل (۵-۷)

منحنی مشخصه jFET

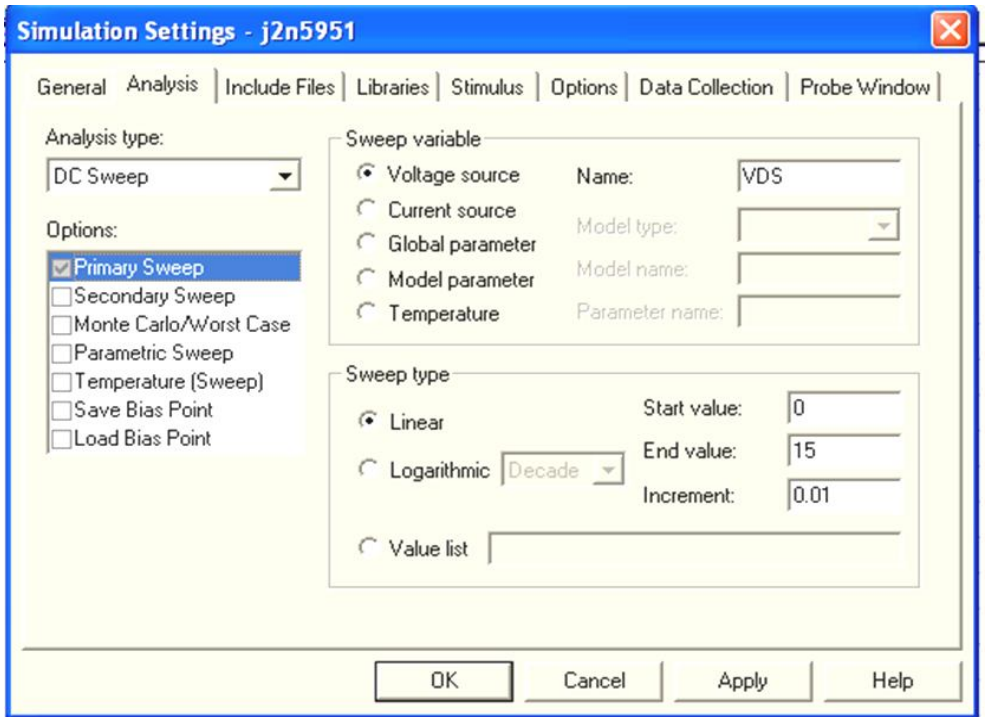
برای دیدن منحنی مشخصه jFET از مدار زیر استفاده میکنیم:



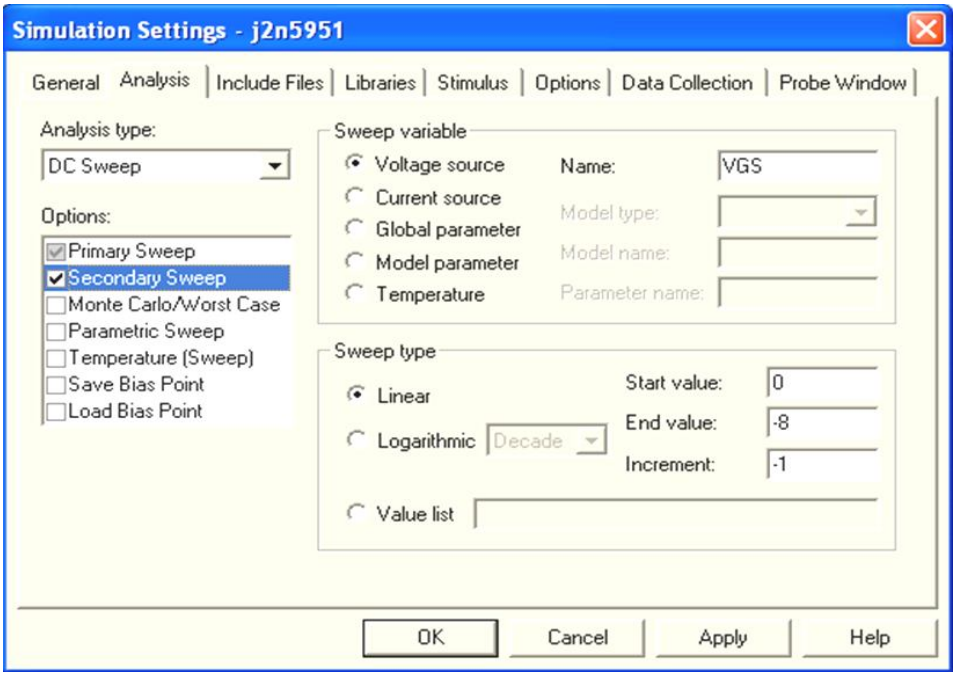
شکل (۵-۸)

اکنون می‌خواهیم برای هر یک از مقادیر VGS ، ولتاژ VDS را از صفر تا ۱۵ ولت جاروب نماییم. بنابراین VDS را به عنوان متغیر جاروب اصلی (Primary Sweep) و VGS را به عنوان (Secondary Sweep) در نظر می‌گیریم.

همانند آنچه در شکلهای زیر نشان داده شده تنظیمات Primary Sweep و Secondary Sweep را انجام می‌دهیم. توجه داشته باشید که باید VGS را از صفر تا یک مقدار منفی جاروب کنیم.



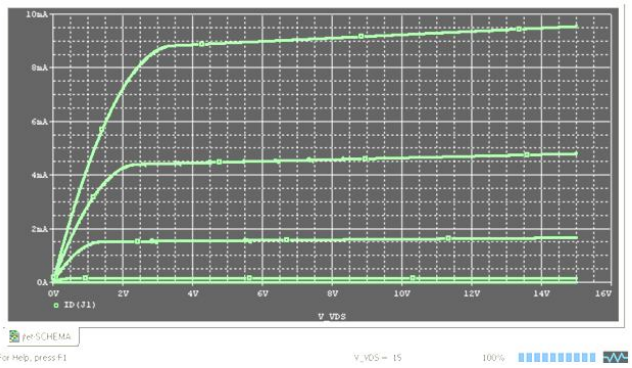
شکل (۵-۹) – تنظیمات Primary Sweep



شکل (۵-۱۰) - تنظیمات Primary Sweep

OK کرده و مدار را Run ( ) کنید.

با انتخاب جریان درین ID(J۱) در Add Trace ( ) می‌توانید شکل منحنی مشخصه را ببینید:

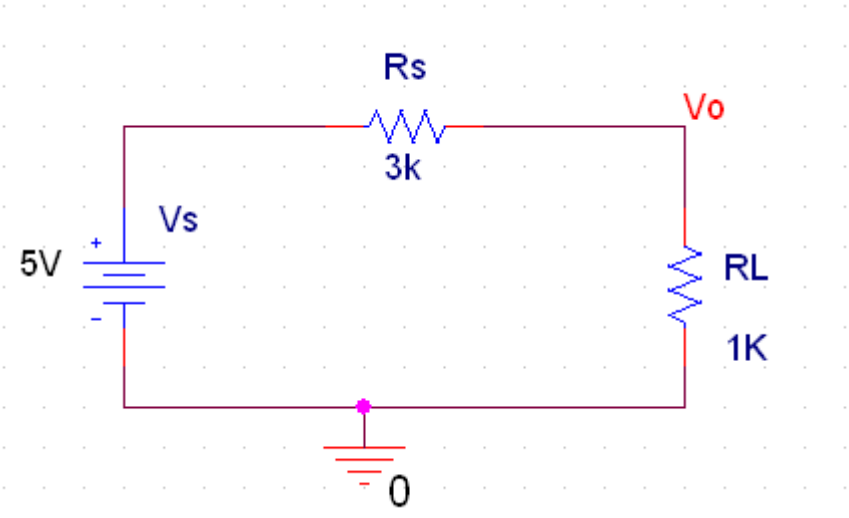


شکل (۵-۱۱)

جاروب پارامترهای توان ماکزیمم :

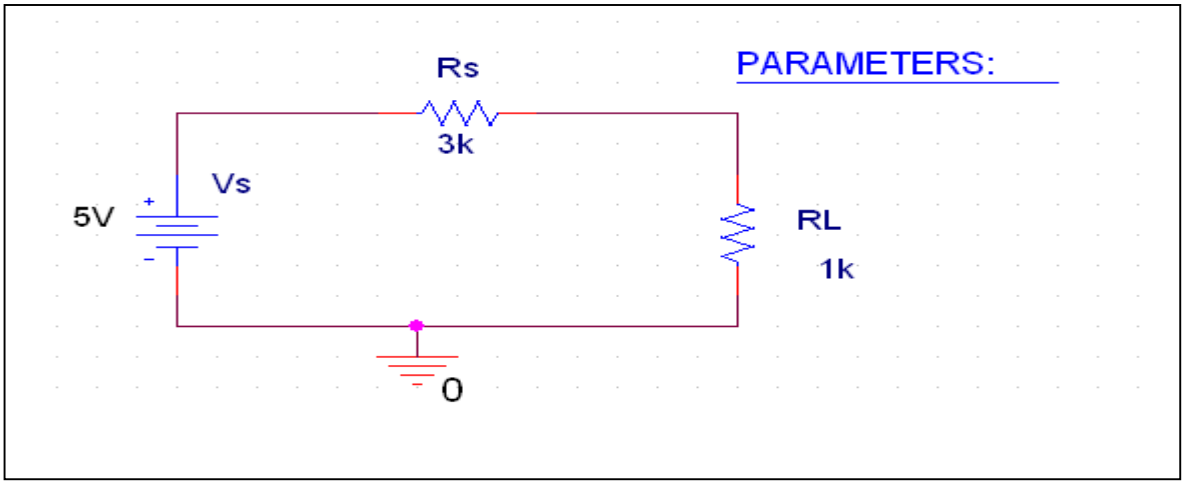
در طراحی مدار گاهی برای ما مهم است که یک پارامتر مدار چگونه کارایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پارامترها را به دو روش می‌توان در PSpice تغییر داد. روش اول جاروب DC است که به جای ولتاژ DC ، یک پارامتر را تغییر می‌دهیم. این روش یک منحنی تولید می‌کند. روش دوم جاروب پارمتری است که به همراه تحلیل‌های دیگری نظیر AC Sweep ، DC Sweep یا Transient Analysis اجرا می‌گردد. این روش خانواده-ای از منحنیها را تولید می‌کند.در این بخش DC Parametric Sweep را که جاروب پارمتری که به همراه تحلیل-DC Sweep است را نشان خوهیم داد.

یکی از مسائلی را که در ابتدای درس تحلیل مدار مطرح می‌گرددااین است که به ازای چه مقداری از RL در مدار شکل (٦-١) ، حداکثر توان به بار انتقال می‌یابد؟ با کمی تحلیل مدار و مقداری محاسبه می‌توان نشان داد که برای مقاومت ثابت Rs ، هنگامی حداکثر توان به بار RL تحویل می‌گردد که RL برابر Rs باشد. ما این نتیجه را با استفاده از PSpice نشان خواهیم داد. ابتدا مدار شکل زیر را ببندید:



شکل (٦-١)

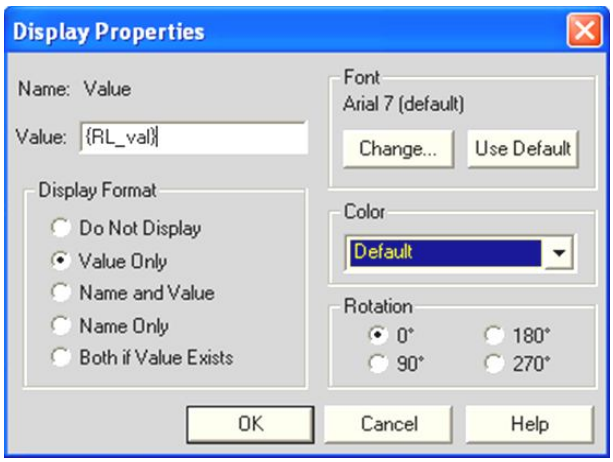
برای این کار باید ابتدا **RL** را به صورت پارامتری تعریف کنیم. برای این کار در قسمت **Part** یا نماد( )، عبارت **PARAM** را تایپ می کنیم سپس قطعه PARAM/SPECIAL را انتخاب کنید تا PARAMETERS: ظاهر شود.



شکل (٦-٢)

PARAMETERS: قطعه‌ای برای تعریف پارامترها می‌باشد.

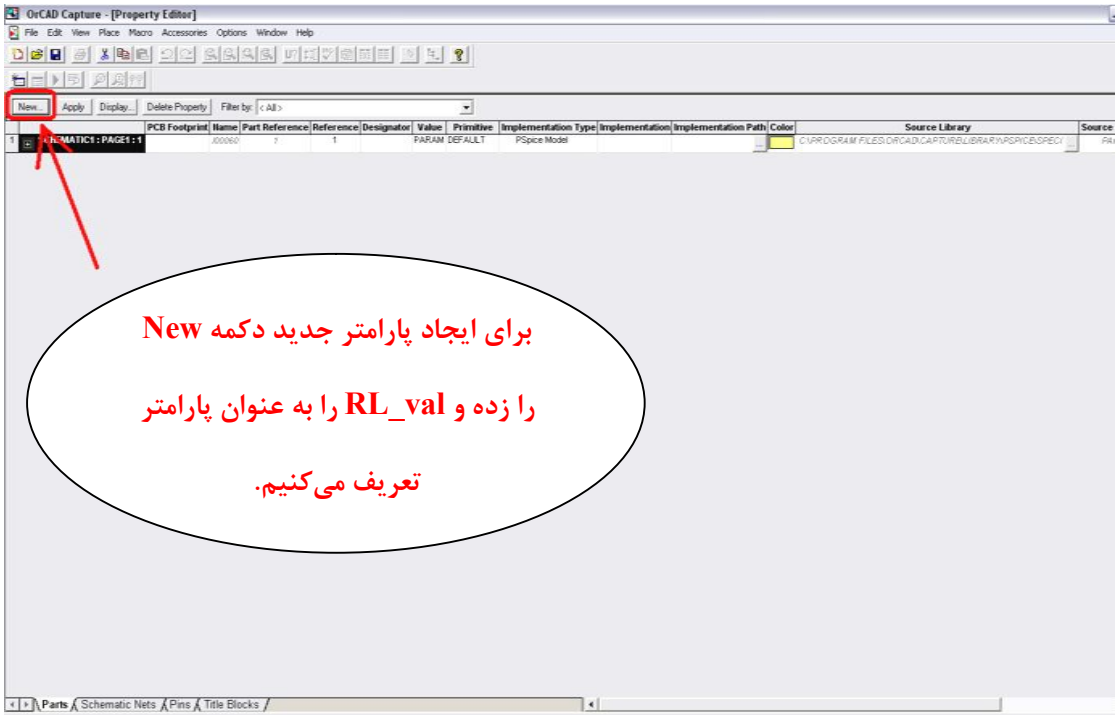
می‌خواهیم مقدار RL را تغییر دهیم. برای انجام این کار لازم است مقدار RL را به صورت یک پارامتر تعریف کنیم. برای تعریف پارامتری RL روی مقدار آن (١K) دابل کلیک کرده و در صفحه Display Properties آن را به صورت زیر تغییر می دهیم: {RL_VAL}



شکل (٦-٣)

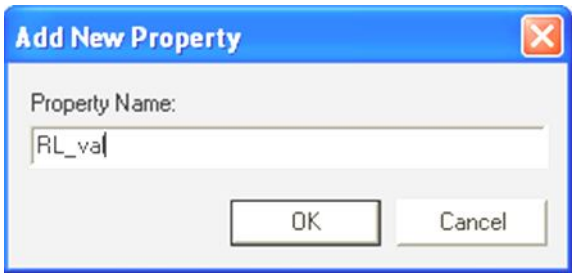
OK را زده و روی PARAMETERS: دابل کلیک می کنیم تا پنجره **شکل (٦-٤)** باز شود:

برای ایجاد پارامتر جدید دکمه (New...)را زده و RL_val را به عنوان پارامتر تعریف می‌کنیم:



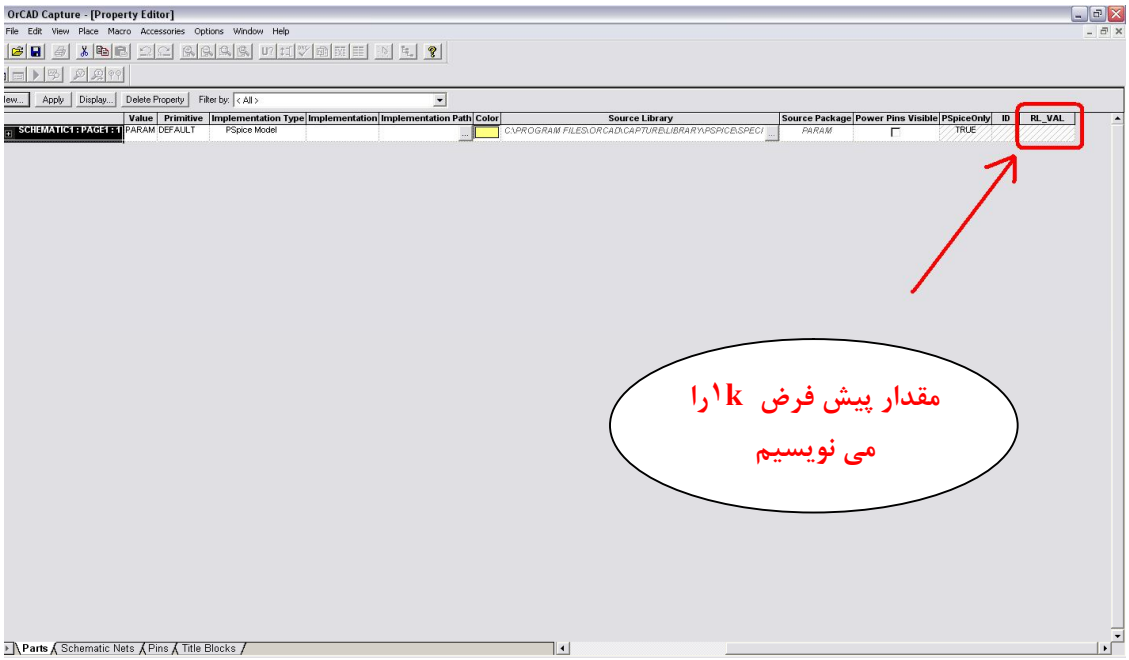
شکل (٦-٤)

برای این کار پنجره ای را که باز میشود به صورت شکل (٦-٥) پر می‌کنیم. دقت کنید که دور نوشته آکولاد نیست.



شکل (٦-٥)

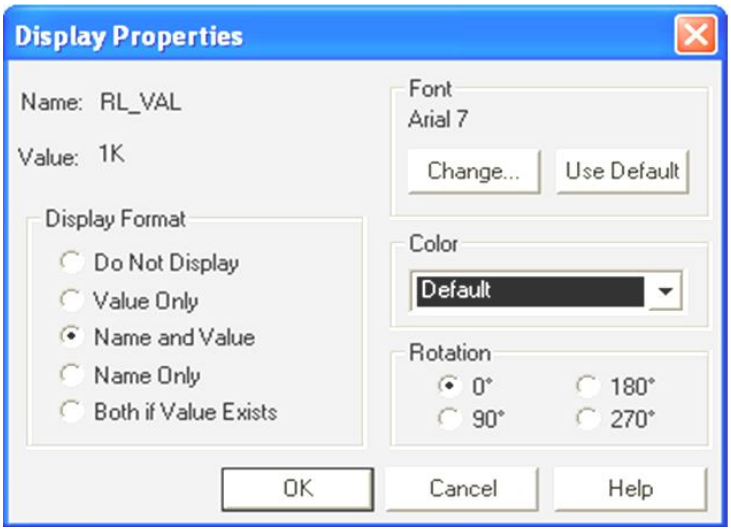
بعد از زدن OK پنجره شکل (٦-٦) باز می شود :



شکل (٦-٦)

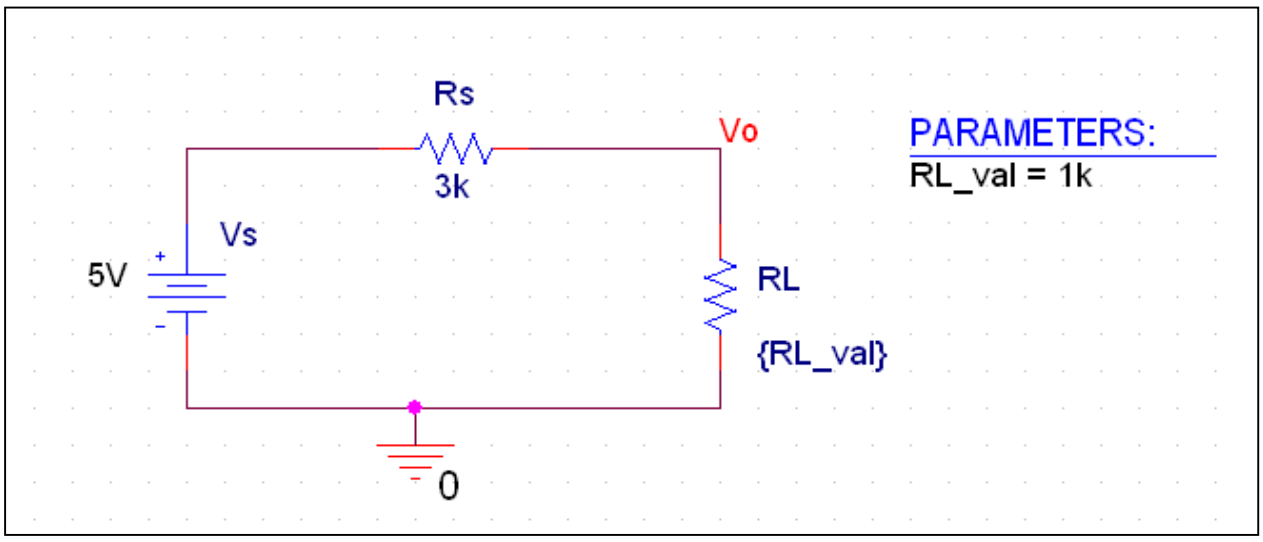
همانطور که در شکل(٦-٦) نشان داده شده در گزینه RL_VAL مقدار پیش‌فرض ۱k را می‌نویسیم یعنی:

( ) و سپس ( )را می زنیم و در پنجره باز شده گزینه Name and Value را انتخاب می کنیم و به صفحه شماتیک برمی‌گردیم.



شکل (۶-۷)

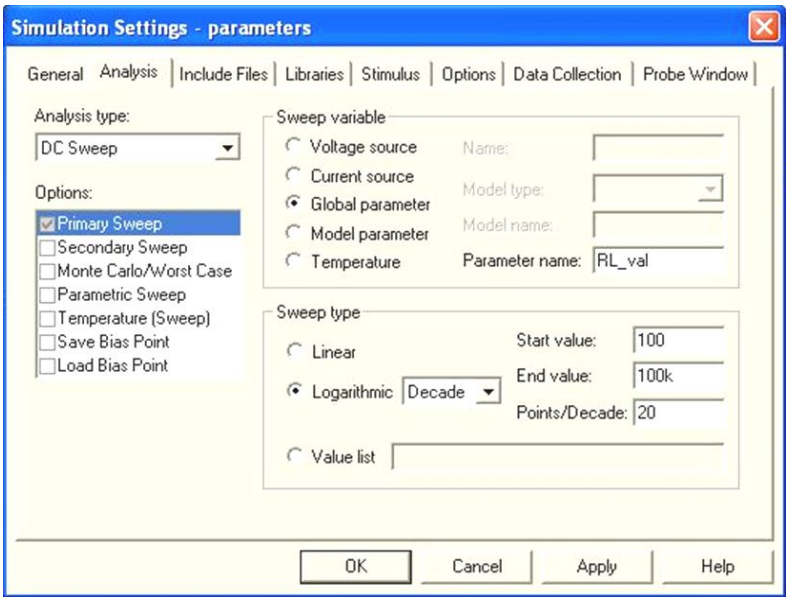
اکنون مدار شما در صفحه شماتیک باید به صورت شکل (٦-٨) باشد:



شکل (٦-٨)- پارامتر RL_val زیر نوشته PARAMETERS لیست شده و مقدار پیش فرض برابر ١k تنظیم شده است.

حال DC Sweep را برای جاروب مقدار پارامتر راه‌اندازی می‌کنیم.

New Simulation Profile رو کلیک کرده، یک نام انتخاب می‌کنیم، پنجره Simulation Setting ظاهر می‌گردد. در صفحه Simulation Setting گزینه DC Sweep را برای Analysis Type انتخاب کرده و همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده تنظیمات Primary Sweep را انجام می‌دهیم.



شکل (٦-٩)

در قسمت **Parameter name** نام پارامتر را می نویسیم.

به قسمت Sweep type توجه کنید. این بار برای دقت بیشتر از گزینه **Logarithmic** استفاده کرده‌ایم. جاروب به صورت دهه‌ای و از ۱۰Ω تا ۱۰۰kΩ انجام خواهد شد. دهه ضریب ۱۰ است. Points/Decade برابر ۲۰ یعنی اینکه جاروب برای ۲۰ نقطه بر دهه راه‌اندازی شده است. بنابراین، RL_val دارای ۲۰ مقدار در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ اهم، ۲۰ مقدار در محدوده ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ اهم، ۲۰ مقدار در محدوده ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ اهم و ۲۰ مقدار در محدوده ۱۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ اهم می‌باشد. این نقاط می‌توانند نمودار نسبتاً دقیقی ایجاد کنند.

Start Value : مقدار شروع شبیه سازی است.

End Value : مقدار پایانی شبیه سازی است.

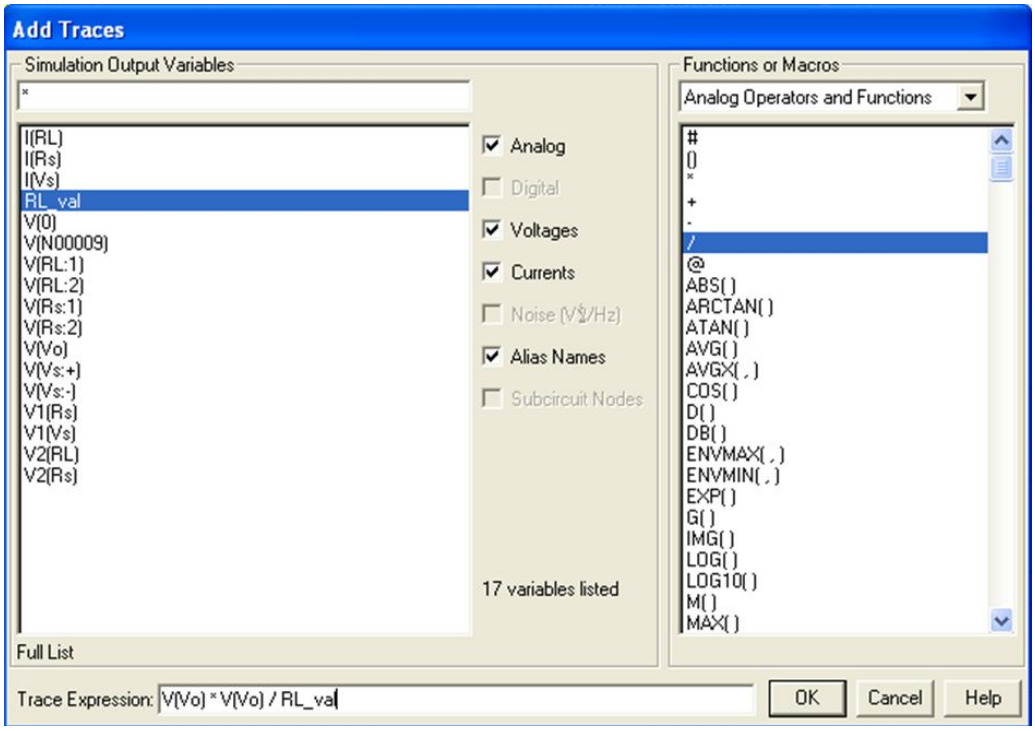
بعد از انجام مراحل بالا OK را زده و مدار را Run کنید.

بعد از Run کردن مدار برای دیدن ماکزیمم توان انتقالی به ترتیب عبارات زیر را در Add Trace انتخاب کنید.

V(Vo) * V(Vo) / RL_VAL

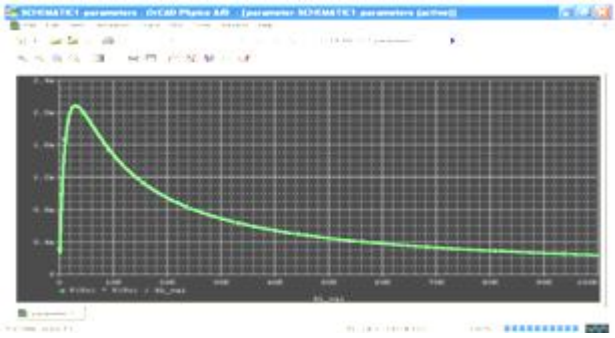
یادآوری: فرمول محاسبه توان به صورت $P=\frac{VL^2}{RL}$ یا $P=I^2 \times RL$ است.

این کار در شکل ۵-۱۰ نشان داده شده است:



شکل (۶-۱۰)

با این کار شکل موج زیر دیده می شود :



شکل (٦-١١)

در تصویر بالا می بینیم که به ازای RL =٣k حداکثر توان (برابر ٢.١mW) به این مقاومت انتقال پیدا می‌کند.

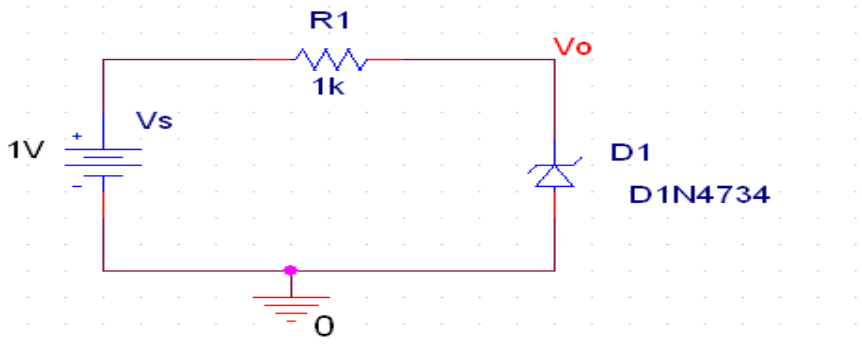
برچسب زدن نقاط در Probe

مکان‌نماها برای یافتن مقادیر عددی شکل موج استفاده می‌شوند. هنگامی که نقطه مهمی پیدا می‌شود می‌توان مختصات آن نقطه را روی نمودار قرار داد. مثلاً در شکل(٦-١١) می‌خواهیم نقطه ماکزیمم را مشخص کنیم. برای برچسب زدن مختصات مکان‌نمای فعال، plot، Label و سپس Mark را انتخاب کنید. مختصات آن روی صفحه به نمایش درخواهد آمد:

شکل (٦-١٢)

به دست آوردن ولتاژ شکست زنر:

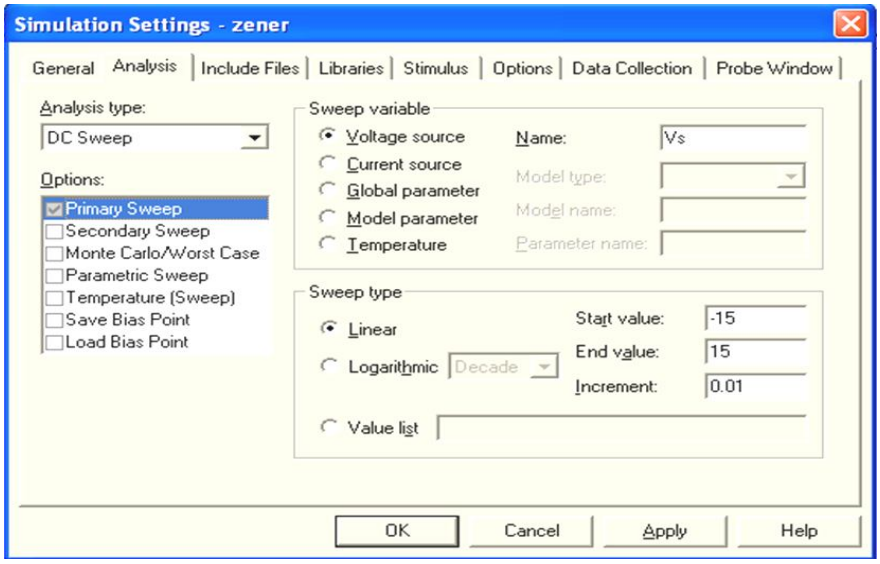
مدار زیر ولتاژهای مثبت را در ولتاژ شکست زنر و ولتاژهای منفی را در ولتاژ آستانه هدایت دیود (که حدود ۰.٦v است) برش می‌زند، مدار زیر را ببندید



شکل (٦-١٤)

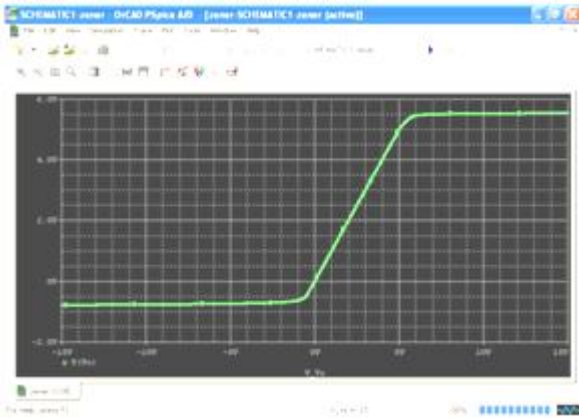
می‌خواهیم Vs را از ۱۵v- تا ۱۵v جاروب کنیم و خروجی را ترسیم نماییم.

در قسمت DC SWEEP تنظیمات را مانند شکل (٦-١٥) انجام دهید. در قسمت Voltage source نام منبع ولتاژ را می نویسیم. در Start value ولتاژ اولیه و در End value ولتاژ نهایی را مشخص میکنیم. Increment نیز مقدار گامها را مشخص میکند.



شکل (٦-١٥)

تنظیمات این کادر به نحوی انجام شده است که Vs را از ۱۵v- تا ۱۵v+ با گام ۰.۰۱v جاروب می‌کند. دکمه OK را کلیک کنید تا به صفحه شماتیک باز گردید. سپس با کلیک دکمه Run ( ) تحلیل را اجرا کنید. اگر مدار را درست بسته و تنظیمات را به طور صحیح انجان داده باشید صفحه Probe باز می‌شود. با انتخاب V(Vo) در Add Trace ( ) می‌توانید شکل موج خروجی را ببینید:



شکل (٦-١٦)

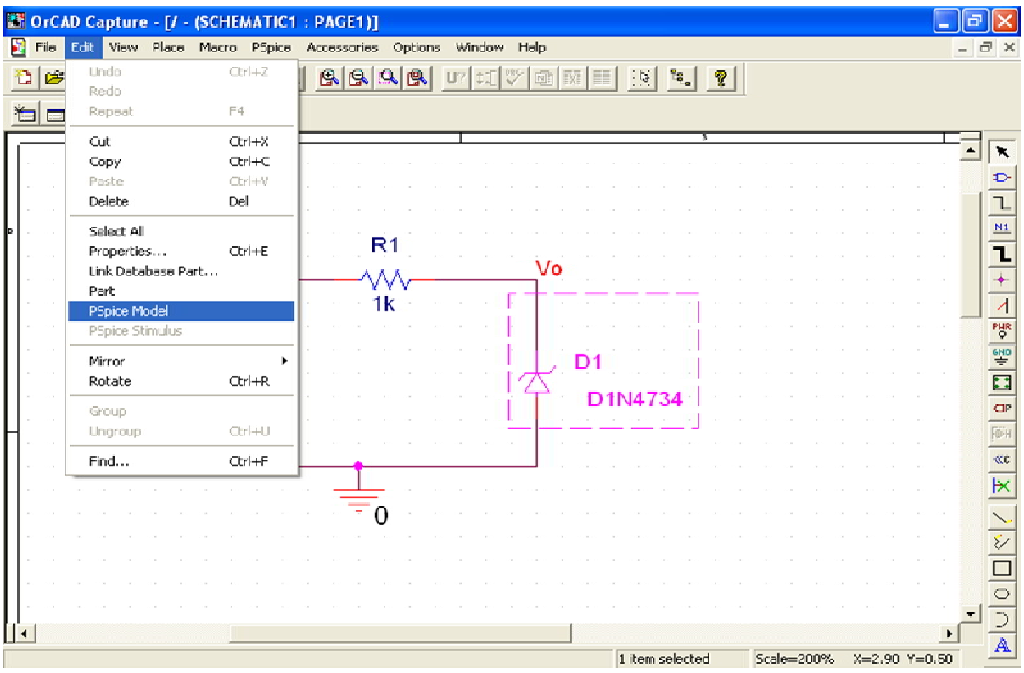
شکل (٦-١٦) منحنی انتقالی[1] مدار شکل (٦-١٤) را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل (٦-١٦) نیز می‌بینیم دیود زنر ولتاژهای مثبت را در ولتاژ شکست زنر(در اینجا ۵.٦v است) و ولتاژهای منفی را در ولتاژ آستانه هدایت دیود (که حدود ۰.٦v است) برش می‌زند.

حال ممکن است این سوال مطرح شود که ولتاژ شکست دیود چه اثری بر مشخصه انتقال دارد. یعنی می‌خواهیم ببینیم با تغییر ولتاژ شکست زنر چه تغییراتی در مشخصه انتقال به وجود می‌آید.

برای این کار از Secondary Sweep استفاده می‌کنیم تا ولتاژ شکست زنر را جاروب نماید.

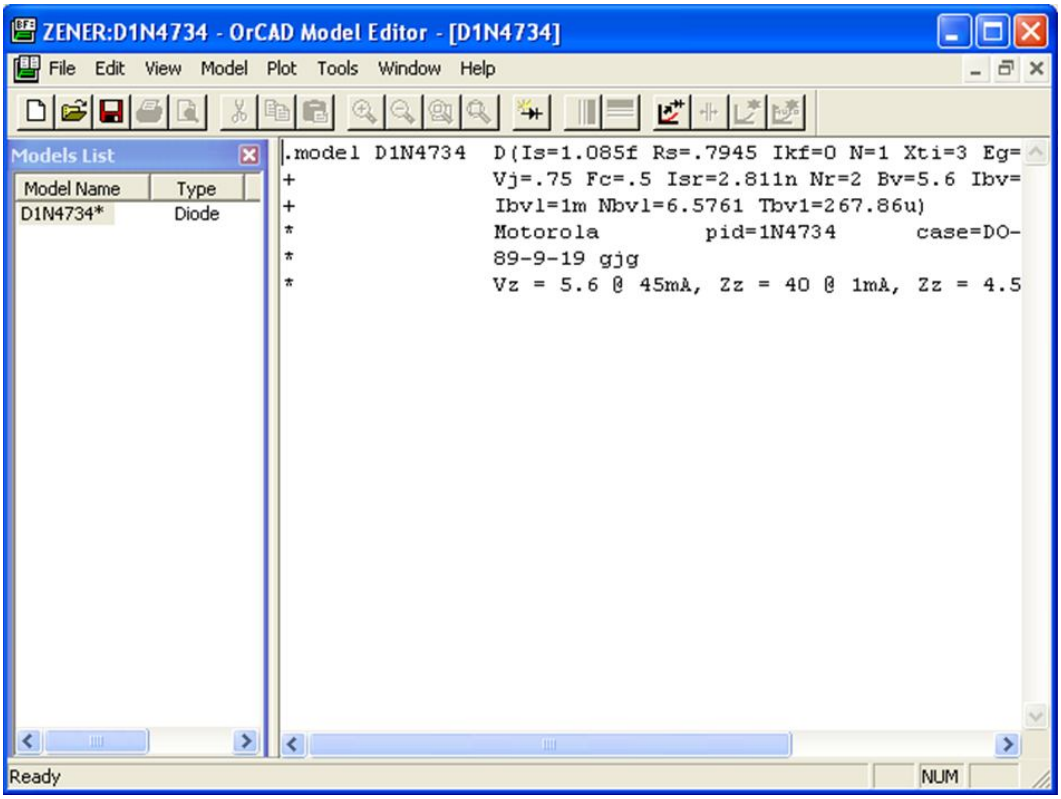
ابتدا باید نگاهی به مدل زنر بیندازیم. برای این کار دکمه چپ ماوس را روی نماد گرافیکی زنر کلیک کنید. نماد گرافیکی به رنگ صورتی تغییر رنگ خواهد یافت که نشان می‌دهد انتخاب شده است. سپس از منوی Edit گزینه PSpice Model را انتخاب کنید. روند این کار در شکل زیر نشان داده شده است:

[1] - منحنی انتقالی خروجی را بر حسب ورودی تنظیم می‌کند.



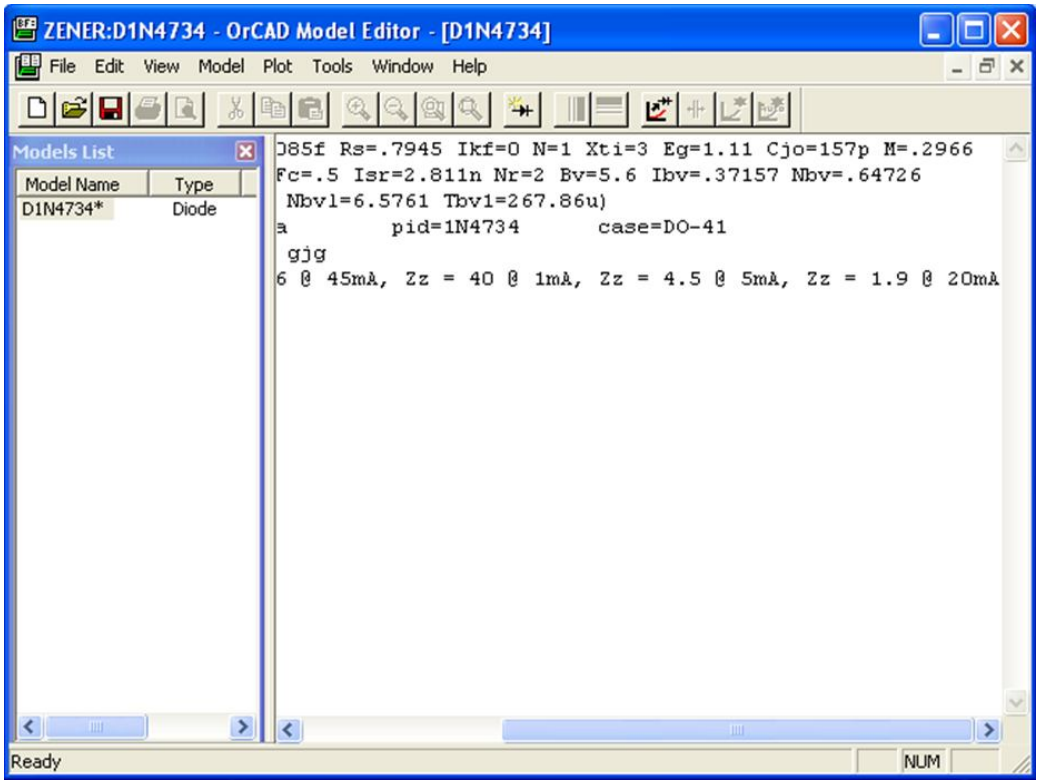
شکل (٦-١٧)

با کلیک بر روی گزینه PSpice Model صفحه زیر ظاهر می‌گردد:



شکل (٦-١٨)

این پنجره نشان می‌دهد که نام مدل دیود D1N4734 می‌باشد. پارامتر مربوط به ولتاژ شکست Bv است که در صفحه قابل مشاهده نیست. پنجره متن را به سمت راست پیمایش کنید تا اطلاعات بیشتری قابل مشاهده باشد:



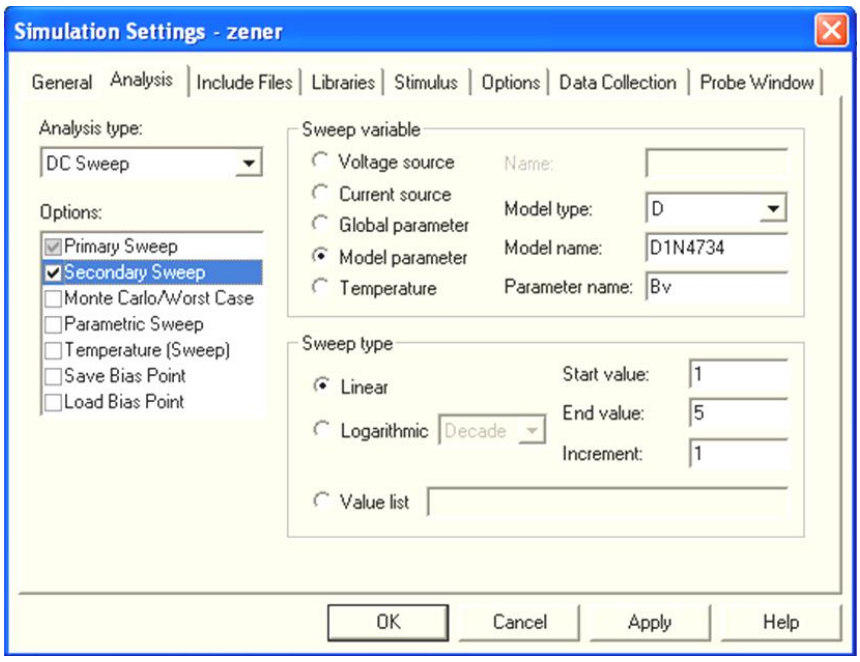
شکل (٦-١٩)

مشاهده می‌شود که ولتاژ شکست ۵.٦v است. حال که مشخصات دیود زنر مربوطه را مشاهده کردید پنجره را بسته و به صفحه شماتیک بازگردید. اگر از شما پرسید، تغییرات را ذخیره نکنید.

حال برای تنظیمات Secondary Sweep گزینه Edit Simulation Profile را کلیک کرده و وارد صفحه Simulation Setting می‌شویم. به تنظیمات Primary Sweep دست نمی‌زنیم. Secondary Sweep را انتخاب کرده و تنظیمات را همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده است انجام می‌دهیم:

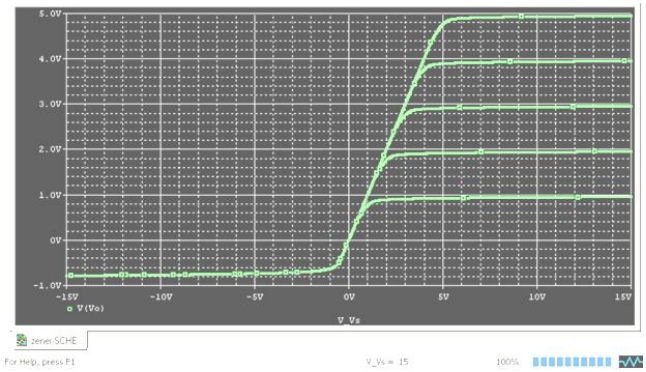
می‌خواهیم ولتاژ شکست D۱ را جاروب نماییم. بر اساس مدل نشان داده شده در شکل ، نوع مدل D ، نام مدل D1N٤٧٣٤ و پارامتری که می‌خواهیم تغییر دهیم (ولتاژ شکست) Bv است.

پارامتر Bv از ۱v تا ۵v و با گام ۱v جاروب شود. یعنی به Bv مقادیر ۱,۲,۳,٤,۵ ولت را اختصاص می‌دهیم.



شکل (٦-٢٠)

دکمه OK را کلیک کنید تا به صفحه شماتیک باز گردید. سپس با کلیک دکمه Run ( ) تحلیل را اجرا کنید. اگر مدار را درست بسته و تنظیمات را به طور صحیح انجان داده باشید صفحه Probe باز می‌شود. با انتخاب V(Vo) در Add Trace ( ) می‌توانید شکل موج خروجی را ببینید:



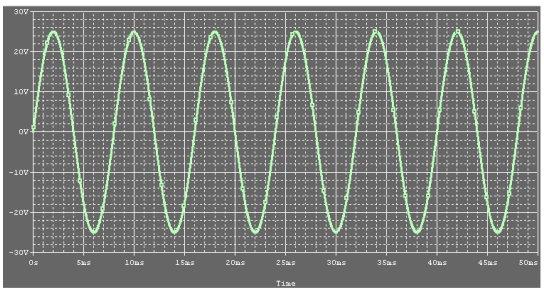
شکل (٦-٢١)

در شکل بالا ولتاژ خروجی Vo به ازای مقادیر مختلف ولتاژ شکست (١,٢,٣,٤,٥ ولت) دیود زنر D١N٤٧٣٤ رسم شده است.

منابع AC

تا کنون تنها مدارهایی با منابع جریان DC را بررسی کردیم، در این جلسه و جلسات آینده در مورد مدارهای با منابع AC صحبت کرده و برخی از مدارهای متداول AC را با استفاده از نرم‌افزار ORCAD تحلیل می‌کنیم و در خلال آن به نکات جدیدی در مورد این نرم افزار پی می‌بریم.

نمونه‌ای از شکل موج زمانی در شکل زیر ارائه شده است:

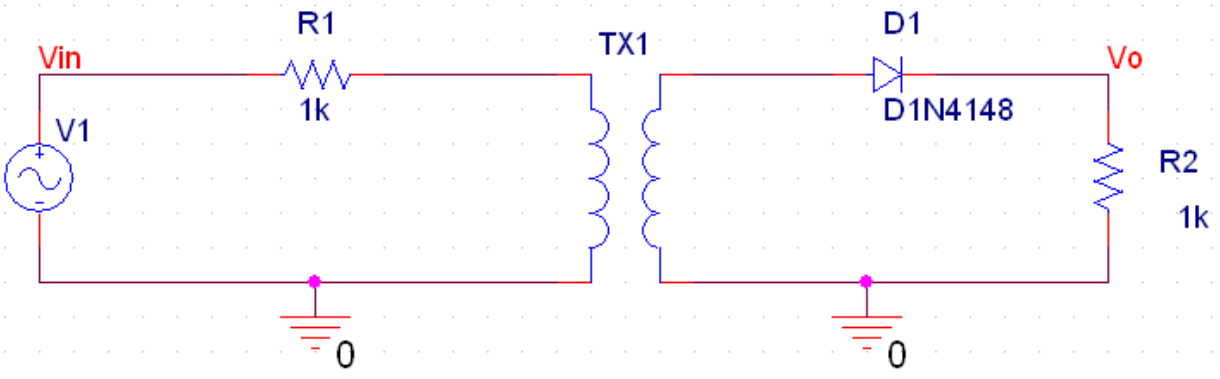


شکل (۷-۱)

معادله شکل موج بالا در حوزه زمان $v(t) = ۲۵\sin(۲\pi * ۱۲۵t + ۰^{\circ})$ است. این شکل موج دارای دامنه ۲۵ولت و فرکانس ۱۲۵ هرتز و فاز آن ۰° می‌باشد. اگر دامنه و فاز ولتاژ یا جریان مد نظرتان است باید از AC Sweep استفاده کنید که در جلسات آینده در مورد آن صحبت خواهیم کرد. نمایش فازوری این شکل موج به صورت $۲۵ < ۰^{\circ}$ است.

بررسی مدارات یکسوکننده :

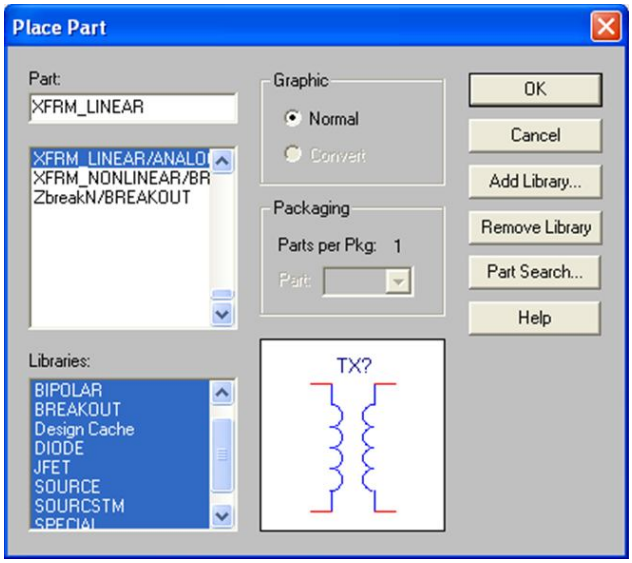
ابتدا مدار یکسوساز **نیم موج** را به صورت شکل (۷-۲) میبندیم.



شکل (۷-۲)

برای این مدار ابتدا یک ترانس به صورت شکل زیر انتخاب میکنیم.

برای آوردن این قطعه عبارت (XFRM_LINEAR) را در Place part تایپ کنید.

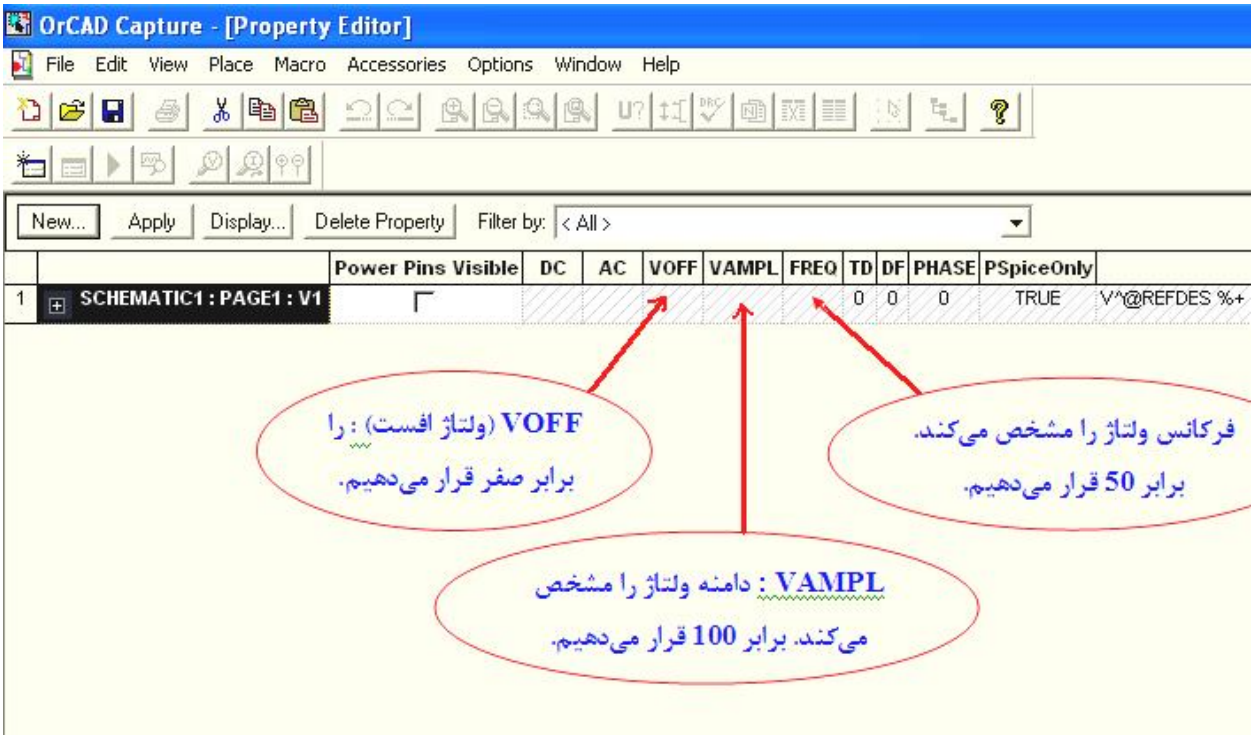


شکل (۷-۳)

V۱ یک منبع سینوسی می‌باشد. برای آوردن این قطعه عبارت (VSin) را در Place part تایپ کنید.

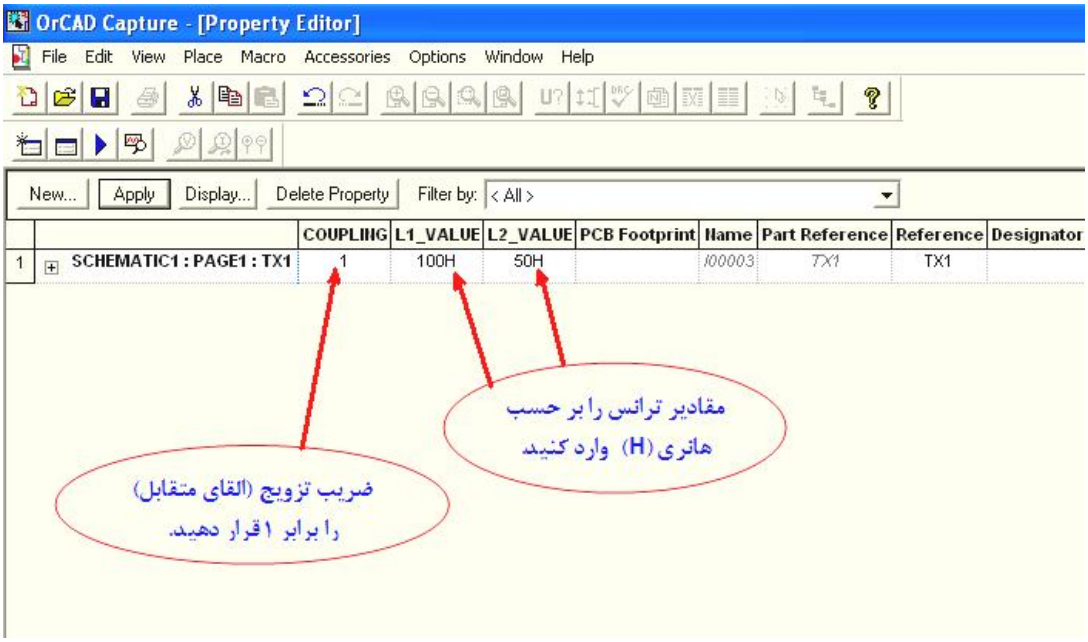
تذکر: دقت کنید که باید برای دو طرف مدار GND قرار دهید.

برای تنظیم V۱ روی آن دابل کلیک کنید تا پنجره مربوط به آن باز شود. همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده است تنظیمات مربوط به ولتاژ افست(VOFF)، دامنه(VAMPL) و فرکانس(FREQ) مروط به منبع ولتاژ سینوسی را انجام دهید.



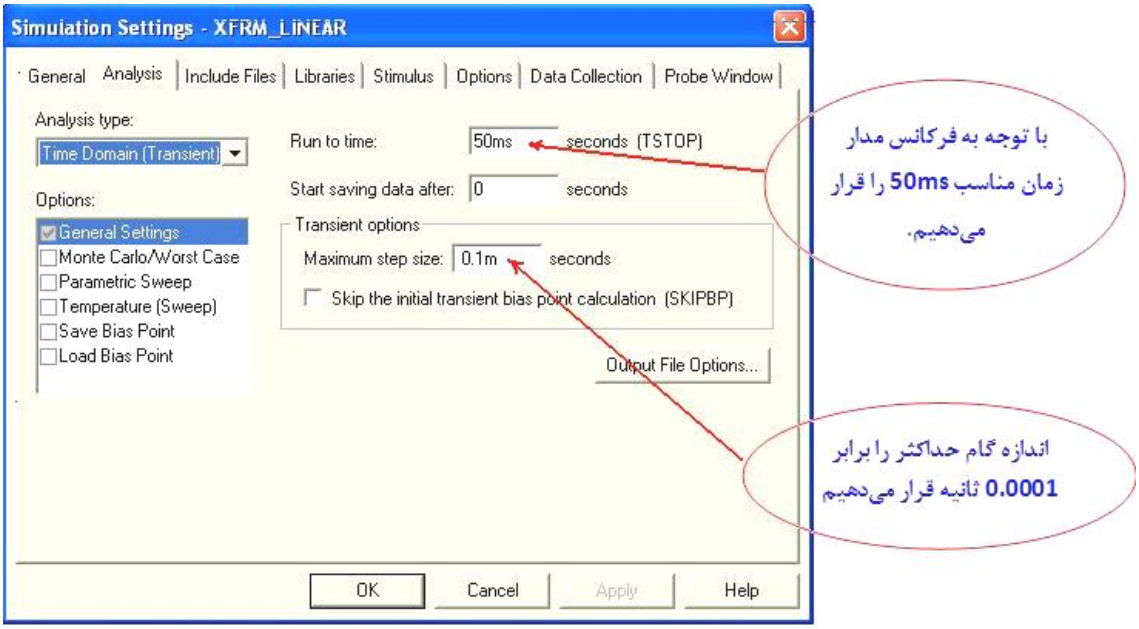
شکل (۷-٤)

برای تنظیم ترانس روی آن دابل کلیک کنید تا پنجره مربوط به آن باز شود. سپس همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده است تنظیمات مربوط به ترانس را انجام دهید.



شکل (۷-۵)

حال گزینه New Simulation Profile را کلیک کرده، با انتخاب یک نام برای صفحه Simulation وارد صفحه Simulation Setting می‌شویم. آنچه در شکل زیر نشان داده شده است تنظیمات مربوط به این صفحه را انجام دهید.



شکل (۷-۶)

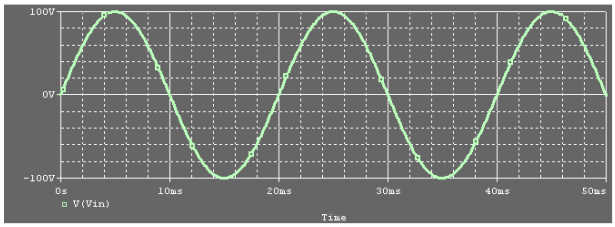
همانطور که در شکل بالا نیز می‌بینیم در قسمت Analysis Type تحلیل Time Domain(Transient) را انتخاب می‌کنیم.

در قسمت Run to time نیز با توجه به فرکانس مدار زمان مناسب ۵۰ms را قرار میدهیم.

اندازه گام حداکثر[1] را برابر ۱۰۰ms قرار می‌دهیم.

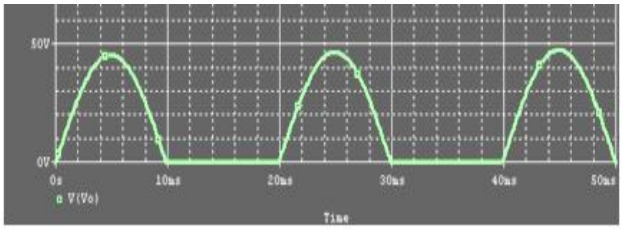
با انجام تنظیمات مذکور ، گزینه OK را کلیک کرده و مدار را Run ( ) کنید.

با انتخاب V(Vin) و V(Vo) در Add Trace ( ) می‌توانید شکل منحنی مشخصه را ببینید که به ترتیب در شکلهای زیر نمایش داده شده است.



شکل (۷-۷)- شکل موج ورودی

همانطور که در شکل بالا می‌بینیم، ورودی یک موج سینوسی با دامنه ۱۰۰v و فرکانس ۵۰H می‌باشد.

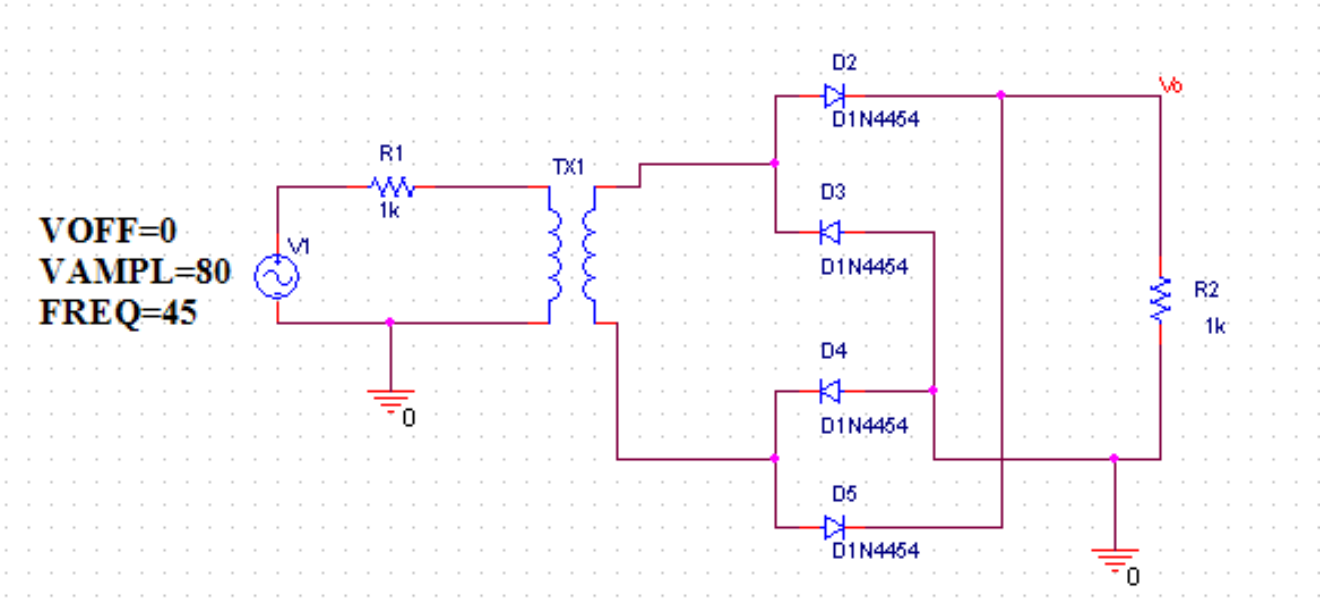


شکل (۷-۸)- شکل موج خروجی

۱ - اندازه گام حداکثر (Maximum step size) ، حداکثر زمان بین نقاط شبیه‌سازی است. هرچقدر این زمان را بیشتر کاهش دهیم شکل دقیقتری ترسیم می‌شود ولی زمان شبیه‌سازی بیشتر می‌شود که در مدارهای پیچیده‌تر مسئله مهمی است. اگر این قسمت را خالی بگذاریم، PSpice بزرگترین گام زمانی ممکن را انتخاب خواهد کرد.

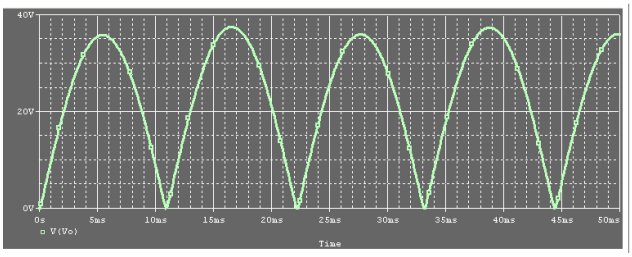
همانطور که در شکل بالا می‌بینیم، خروجی یک موج سینوسی با دامنه ۵۰V (به دلیل ترانس $\frac{L_2}{L_1} = \frac{1}{2}$) می‌باشد که قسمتهای منفی آن حذف شده است.(یکسوساز نیم‌موج)

برای یکسوساز تمام موج نیز می‌توان مدار زیر را بست.



شکل (۷-۹)

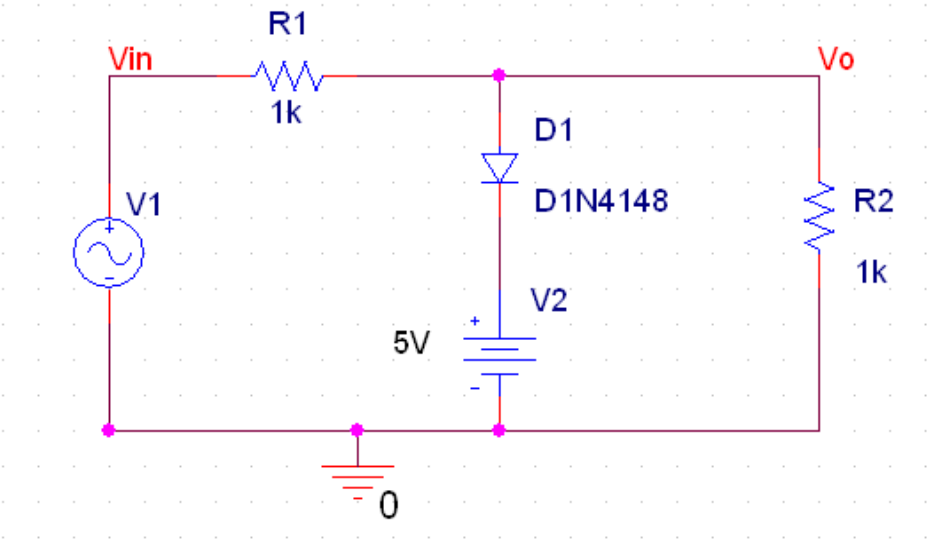
شکل موج خروجی مدار شکل بالا به صورت زیر است:



شکل (۷-۱۰)

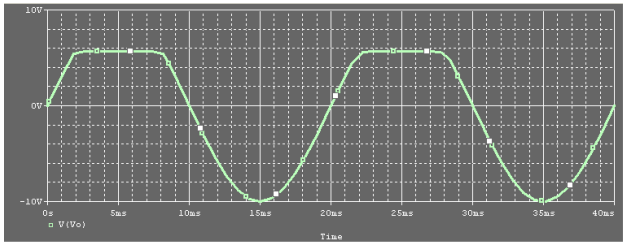
برش دهنده ها

در شکل زیر یک برش دهنده با خروجی آن رسم شده است. تنظیمات مانند حالت قبل می‌باشد.



شکل (۷-۱۱)

شکل موج خروجی مدار شکل بالا به صورت زیر است:



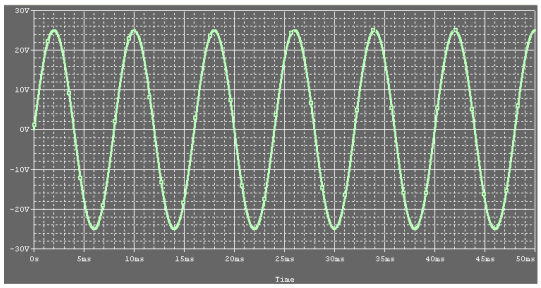
شکل (۷-۱۲)

تحلیل AC Sweep

AC Sweep برای نمودارهای Bode ، نمودارهای بهره و فاز و تحلیل فازور استفاده می‌شود. مدار را می‌توان در یک فرکانس یا چندین فرکانس تحلیل نمود. در این بخش، کاربرد AC Sweep را در یک فرکانس برای نتایج اندازه و فاز (فازورها) و چندین فرکانس برای نمودارهای Bode نشان خواهیم داد.

درک تفاوت AC Sweep و تحلیل گذرا به منظور تعیین دامنه و فاز ولتاژها و جریانها به کار می‌رود ولی تحلیل گذرا برای مشاهده شکل موج بر حسب زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به عنوان مثال شکل زیر نمونه‌ای از شکل موج یک ولتاژ را بر حسب زمان نشان می‌دهد:



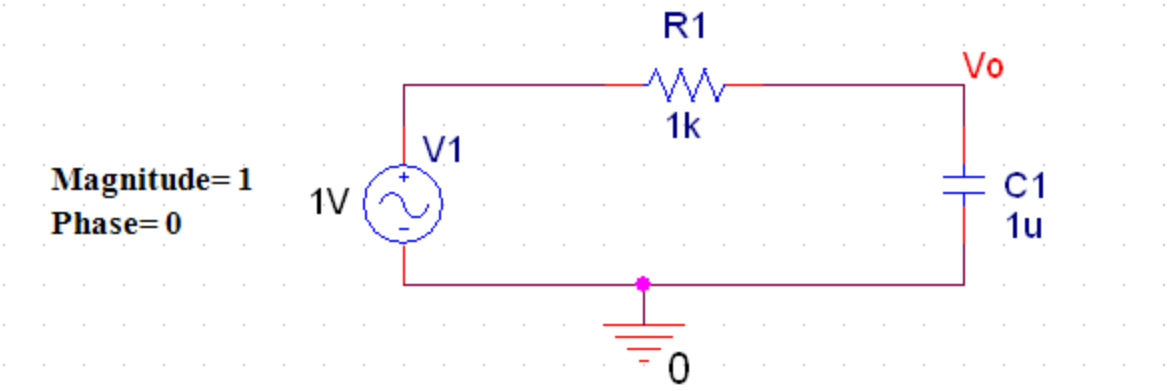
شکل (۸-۱)

معادله شکل موج بالا در حوزه زمان $v(t) = ۲۵\sin(۲\pi * ۱۲۵t + ۰^{\circ})$ است. این شکل موج دارای دامنه ۲۵ولت و فرکانس ۱۲۵ هرتز و فاز آن ۰° می‌باشد. اگر دامنه و فاز ولتاژ یا جریان مد نظرتان است باید از AC Sweep استفاده کنید. دامنه این شکل موج برابر ۲۵ و فاز آن برابر صفر درجه است. اگر بخواهیم اندازه و فاز ولتاژها و جریانها را مشاهده کنیم از AC Sweep استفاده می‌نماییم. مثلاً نمایش فازوری این شکل موج به صورت $۲۵ < ۰^{\circ}$ است.

توجه: AC Sweep از منابع ولتاژ و جریان AC یعنی VAC و IAC اسفاده می‌کند. این منابع تابعی از دامنه و فرکانس می‌باشند. برای AC Sweep از منبع VSIN استفاده نکنید.

نمودارهای Bode

نمودار Bode ، نمودار دامنه و فاز بر حسب فرکانس می‌باشد. برای نمونه مدار زیر را ببندید. این مدار یک فیلتر پایین گذر است.



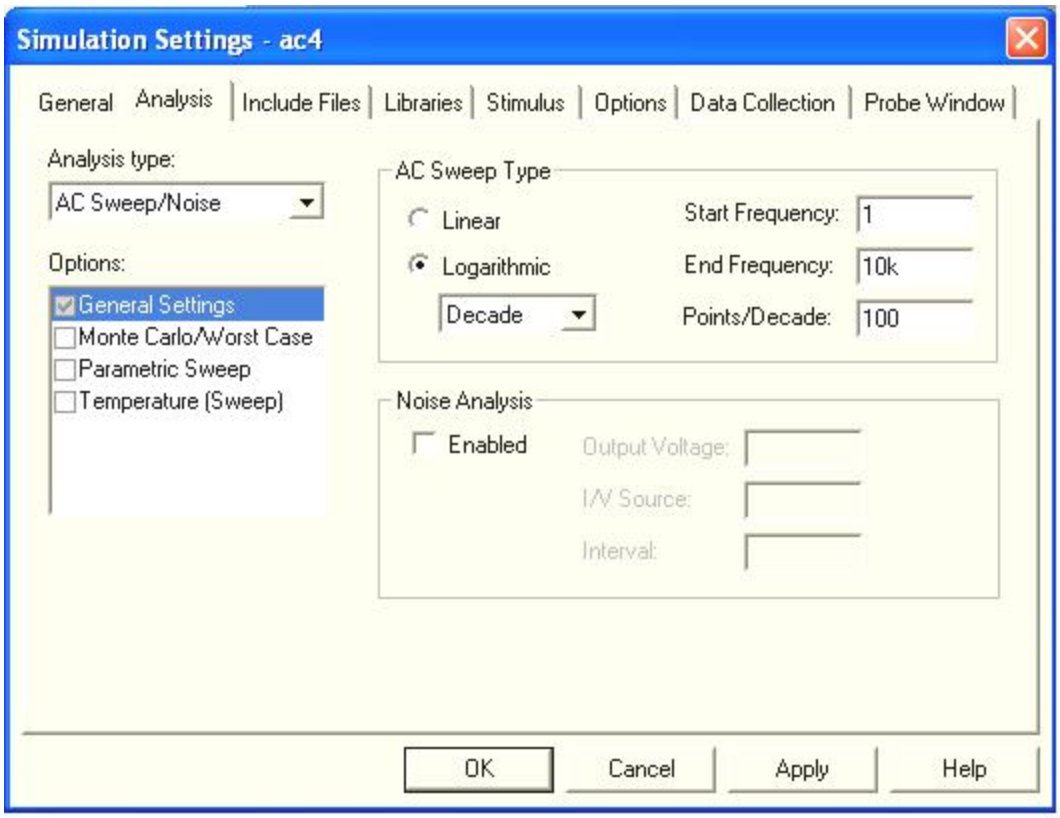
شکل (۸-۲)

همانطور که در مدار شکل بالا می‌بینید در فرکانسهای پایین، خازن مدار باز است و Vo باید برابر V۱ باشد. در فرکانس‌های بالا، خازن اتصال کوتاه می‌شود و بهره به سمت صفر می‌رود. فرکانس ۳db ی مدار $\omega = \frac{۱}{RC} = ۱۰۰۰\, rad/s \cong ۱۵۹\, Hz$ است.

برای دیدن توضیحات مذکور از AC Sweep استفاده می‌کنیم تا فرکانس را از ۱Hz تا ۱۰KHz جاروب نماید.

New Simulation Profile رو کلیک کرده، یک نام انتخاب می‌کنیم، پنجره Simulation Setting ظاهر می‌گردد.

در صفحه Simulation Setting گزینه AC Sweep را برای Analysis Type انتخاب کرده و همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده تنظیمات مربوط به AC Sweep را انجام می‌دهیم.

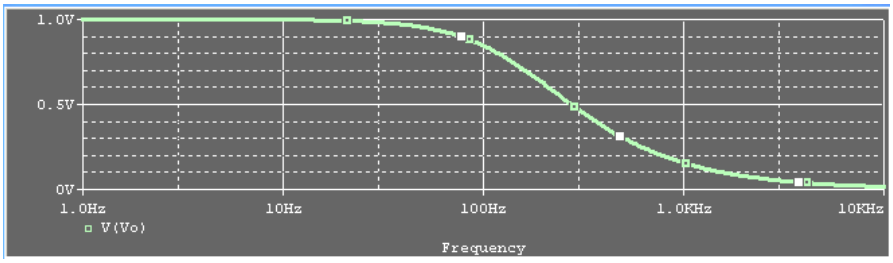


شکل (۸-۳)

دکمه OK را کلیک کنید تا به صفحه شماتیک باز گردید. سپس با کلیک دکمه Run ( ) تحلیل را اجرا کنید.

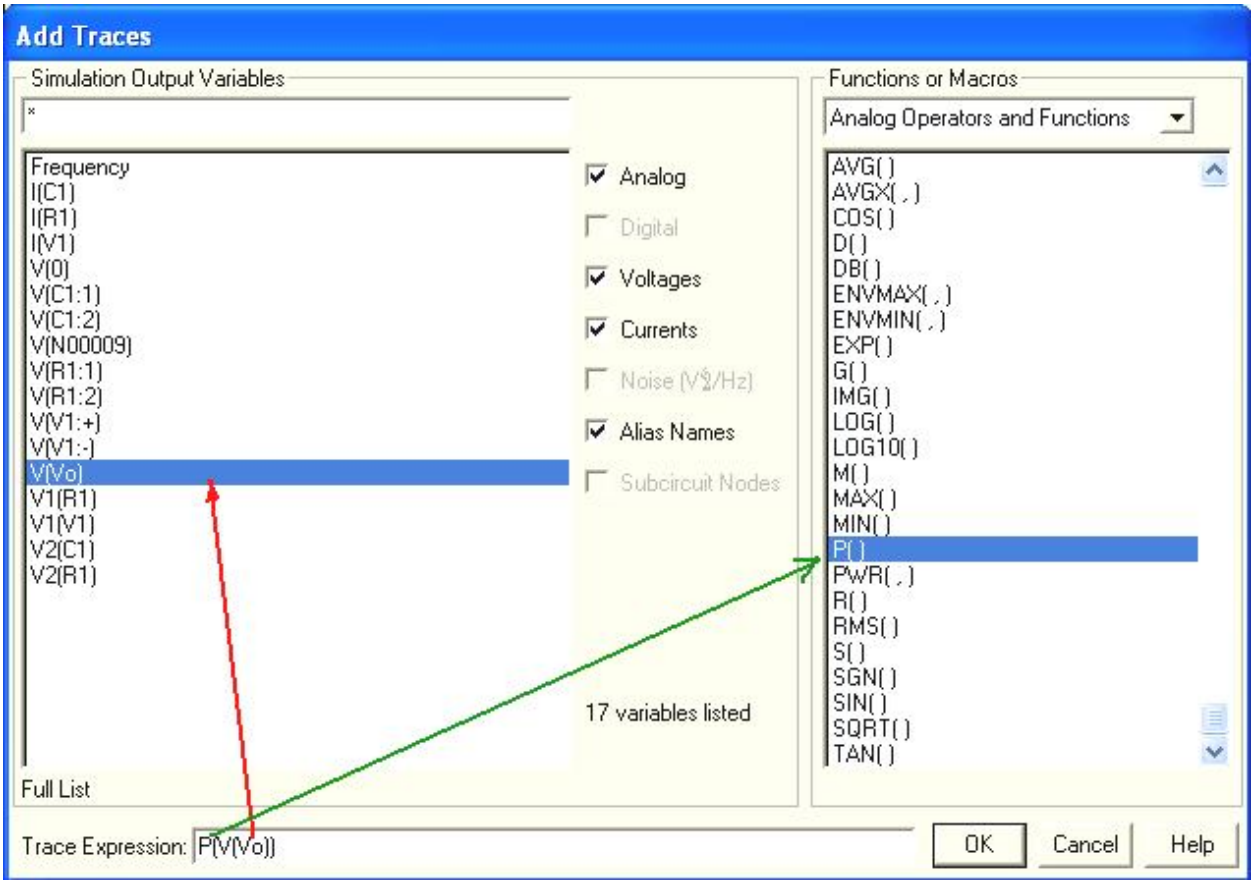
اگر مدار را درست بسته و تنظیمات را به طور صحیح انجان داده باشید صفحه Probe باز می‌شود.

با انتخاب V(Vo) در Add Trace ( ) می‌توانید شکل موج خروجی را به صورت تابعی از فرکانس ببینید:



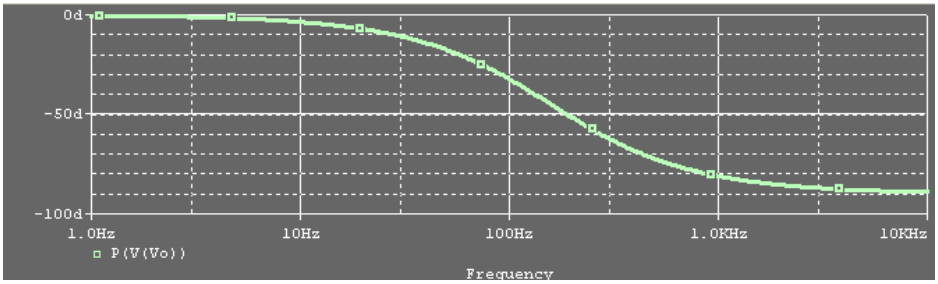
شکل (۸-٤)

حال برای دیدن فاز ولتاژ در گره Vo ، لازم است که شکل موج P(V(Vo)) را نمایش دهیم. Add Trace ( ) را زده و عملگر فاز را که در انتهای لیست قاب سمت چپ وجود دارد را همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده انتخاب نمایید:



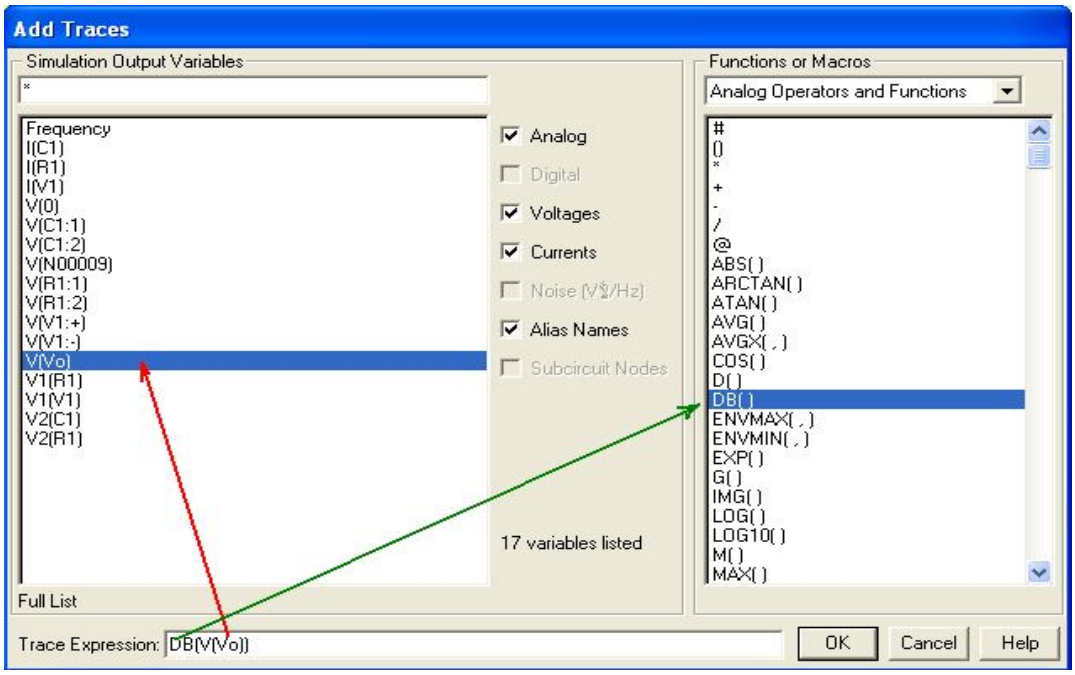
شکل (۸-۵)

حال OK کرده تا تغییرات فاز ولتاژ Vo را از فرکانس ۱Hz تا ۱۰KHz مشاهده نمایید



شکل (۸-۶)

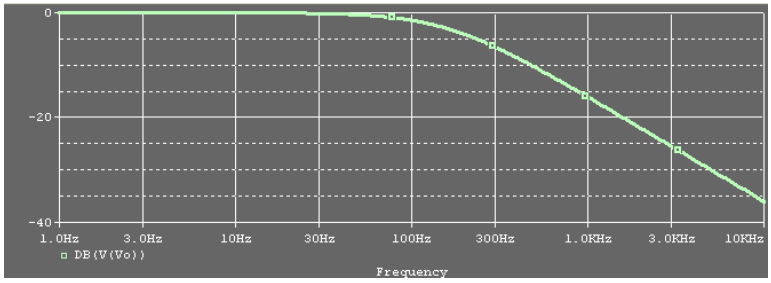
حال می‌خواهیم یک نمودار Bode نشان دهیم که دامنه را به صورت دسی‌بل نمایش می‌دهد. به منظور نمایش Vo بر حسب دسی‌بل، لازم است که شکل موج DB(V(Vo)) را نمایش دهیم. Add Trace ( ) را زده و عملگر فاز را که در انتهای لیست قاب سمت چپ وجود دارد را همانند آنچه در شکل زیر نشان داده شده انتخاب نمایید:



شکل (۸–۷)

دستور DB از ولتاژ تعیین شده ($۲۰\log_{۱۰}$) می‌گیرد.بنابراین DB(V(Vo)) معادل $[۲۰\log_{۱۰}(V(Vo))]$ می‌باشد.

حال OK کرده تا تغییرات ولتاژ Vo را از فرکانس ۱Hz تا ۱۰KHz بر حسب دسی‌بل مشاهده نمایید:

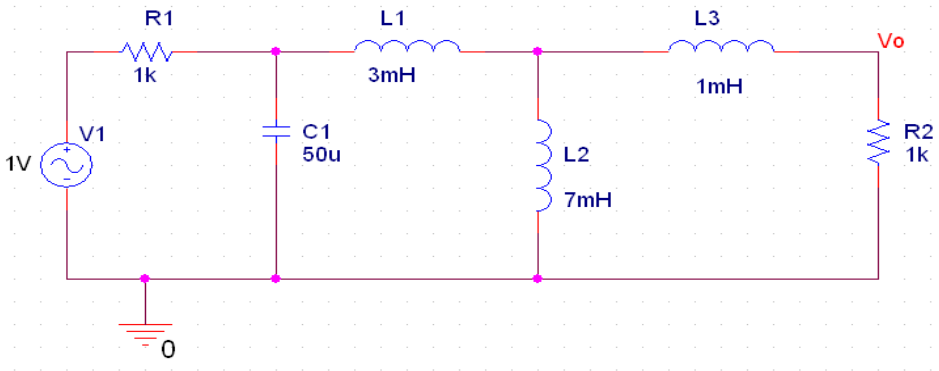


شکل (۸–۸)

دقت کنید محور y بر حسب db است. یعنی ۰db در این نمودار معادل ۱v است.

القای متقابل

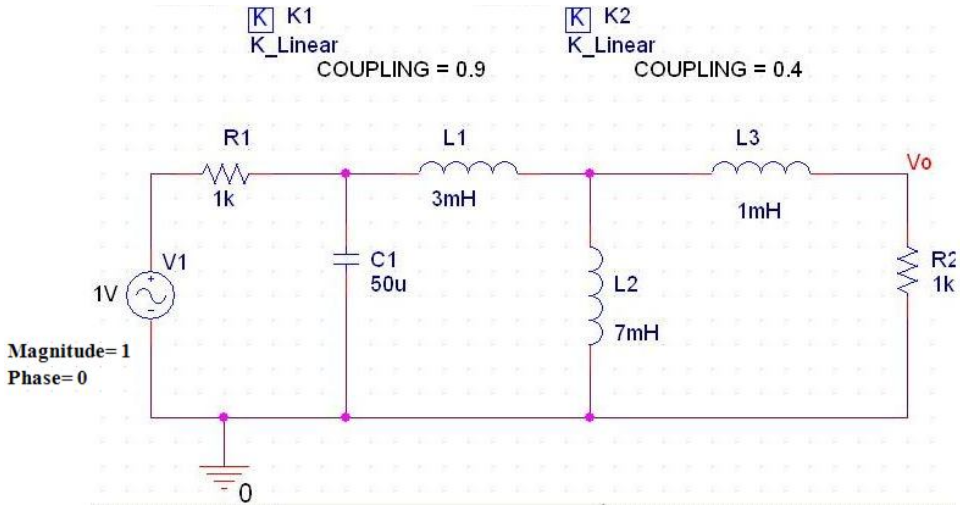
القای متقابل به دو بخش نیاز دارد: القاگرها (L) و تزویج بین القاگرها (K) . در اینجا به کمک دو مدار نحوه استفاده از قطعه تزویج K را مشخص می‌کنیم. مدار اول دارای سه سلف با تزویج نامساوی و مدار دوم دارای چهار سلف با تزویج مساوی است. ابتدا مدار زیر را ببندید:



شکل (۸-۹)

می‌خواهیم بین L۱ و L۲ تزویج (القای متقابل) برابر ۰.۹ و همچنین بین L۱ و L۳ تزویج (القای متقابل) برابر ۰.٤ وجود داشته باشد.

قطعه تزویج القای متقابل را که با حرف K مشخص می‌شود را در Place part می‌یابیم. چون می‌خواهیم از دو تزویج نامساوی برای سه سلف این مدار استفاده کنیم بنابراین باید از دو قطعه K استفاده کنیم. حال باید صفحه شماتیک شما به صورت شکل زیر باشد:



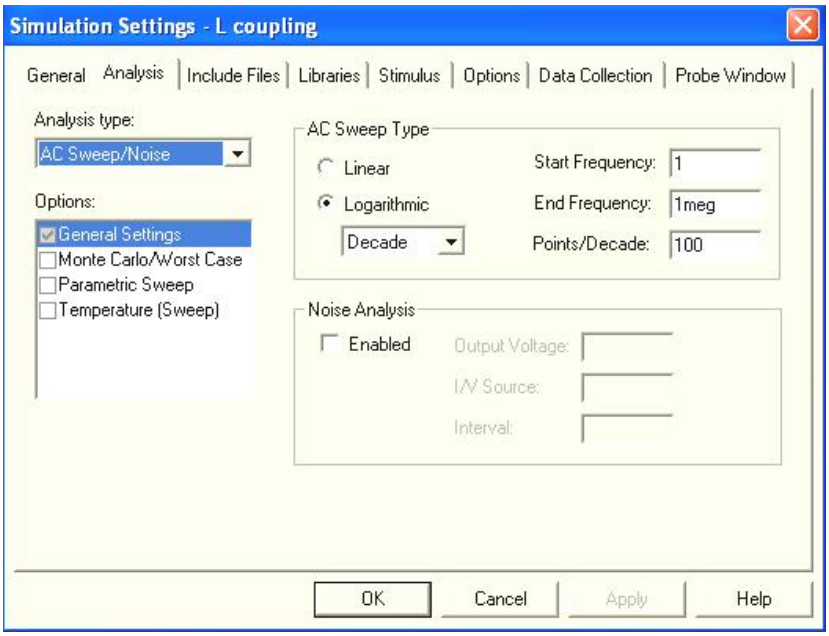
شکل (۸-۱۰)

برای تغییر مقدار تزویج بر روی (COUPLING = 1) دابل کلیک چپ کرده و مقادیر ۰.۹ و ۰.٤ را به ترتیب برای K۱ و K۲ وارد نمایید.

برای تنظیم قطعه K و معرفی سلفهایی که با هم القای متقابل دارند بر روی (K) دابل کلیک چپ کرده و دو سلفی را که می‌خواهیم بین آنها تزویج برقرار کنیم را مشخص می‌کنیم.

حال AC Sweep را اجرا می‌کنیم تا نحوه تغییرات دامنه و فاز Vo را برای مدار مورد نظر مشاهده نماییم.

تنظیمات AC Sweep را به صورت زیر انجام می‌دهیم:

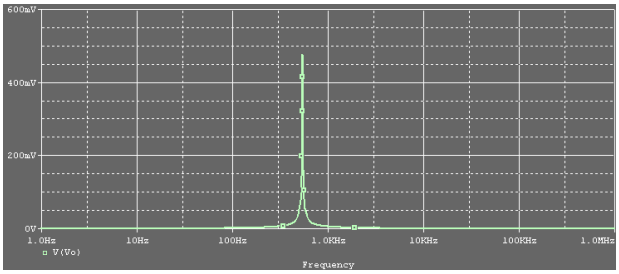


شکل (۸-۱۱)

دکمه OK را کلیک کنید تا به صفحه شماتیک باز گردید. سپس با کلیک دکمه Run ( ) تحلیل را اجرا کنید.

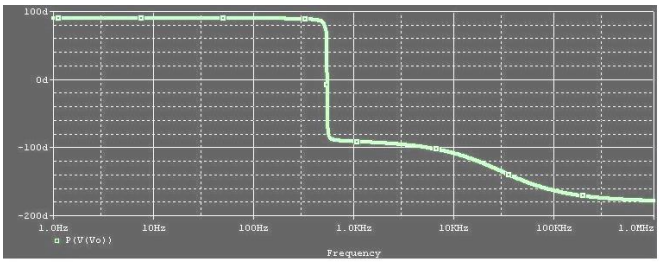
اگر مدار را درست بسته و تنظیمات را به طور صحیح انجان داده باشید صفحه Probe باز می‌شود.

با انتخاب V(Vo) در Add Trace ( ) می‌توانید شکل موج خروجی مدار مربوطه را به صورت تابعی از فرکانس ببینید:



شکل (۸-۱۲)

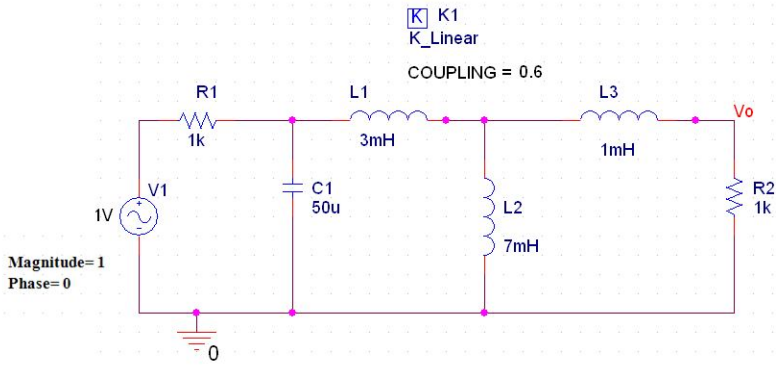
حال برای دیدن فاز ولتاژ خروجی Vo ، لازم است که شکل موج P(V(Vo)) را نمایش دهیم:



شکل (۸-۱۳)

مداری با سه القاگر و با تزویج یکسان

اگر فرض کنیم که هر سه سلف مدار شکل (۸-۹) دارای تزویج یکسان باشند در این صورت است تنها به یک قطعه تزویج K نیاز خواهیم داشت. در حالی که در مثال قبل، به دو قطعه تزویج نیاز داشتیم زیرا تزویج بین سلفهای مختلف، متفاوت بود. در نتیجه مدار به صورت شکل زیر خواهد بود:

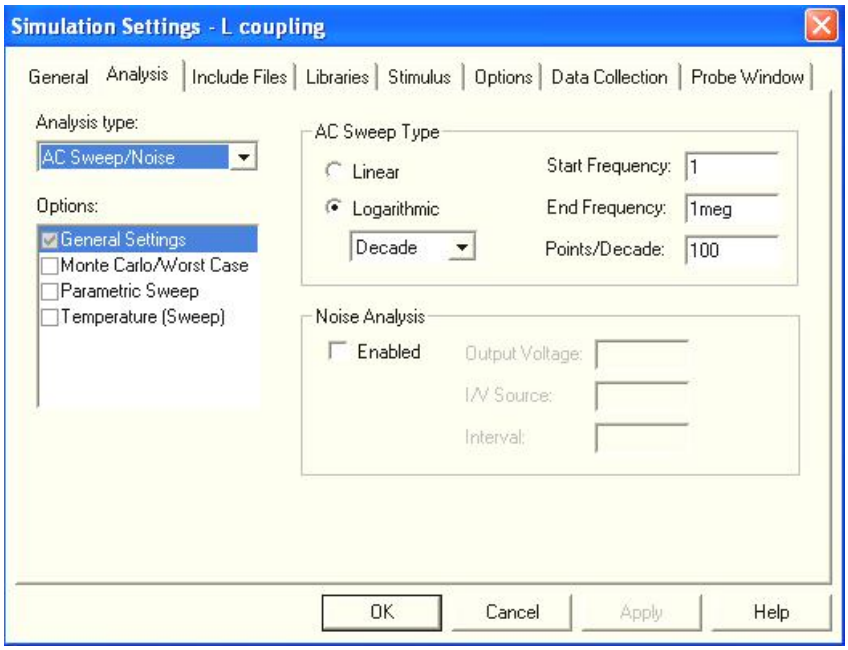


شکل (۸-۱٤)

برای تنظیم قطعه K و معرفی سلفهایی که با هم القای متقابل دارند بر روی (K) دابل کلیک چپ کرده و هر سه سلف L۱ و L۲ و L۳ را برای قطعه K۱ تعریف می‌کنیم.

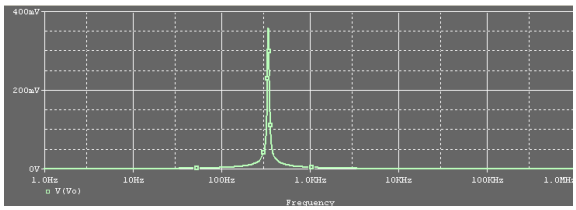
مقدار تزویج را برای این مدار ۰.٦ در نظر بگیرید.

تنظیمات مربوط به AC Sweep را همچون حالت قبل انجام داده و مدار را Run کنید.



شکل (۸-۱۵)

شکل موج ولتاژ خروجی به صورت زیر خواهد بود:

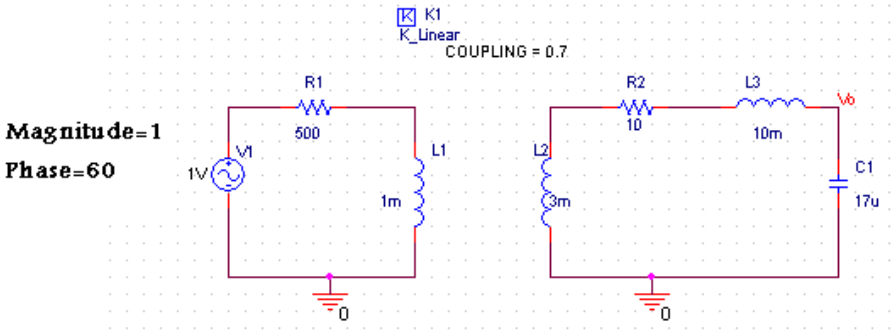


شکل (۸-۱٦)

شکل موج ولتاژ خروجی Vo را در این مدار با مدار قبل که سلفها با هم تزویج نامساوی داشتند مقایسه کنید و ببنید که چه تفاوتهایی با هم دارند.

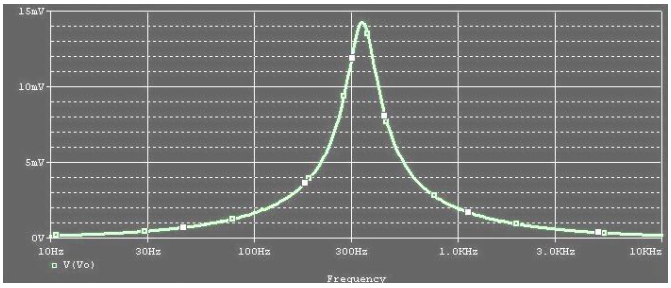
مثال

در مدار زیر فرض کنید L۱ با L۲ تزویج شده ولی L۳ با هیچکدام از آنها تزویج نشده است. می‌خواهیم دامنه و فاز ولتاژ Vo را برای فرکانس‌های ۱۰Hz تا ۱KHz ترسیم کنیم.

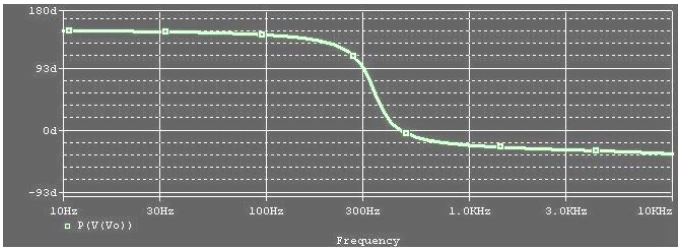


شکل (۸-۱۷)

بر اساس توضیحات قبلی نمودار دامنه و فاز ولتاژ Vo به صورت زیر است:



شکل (۸-۱۸)- نمودار دامنه



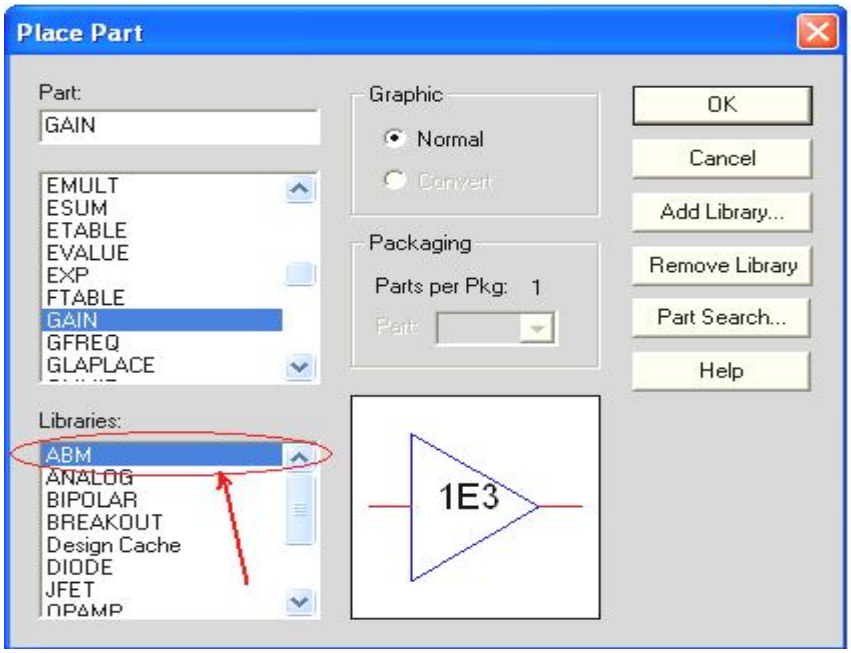
شکل (۸-۱۹)- نمودار فاز

مدل‌سازی تشابه رفتاری

قطعات Analog Behavioral Modeling که به ABM معروفند روشی آسان برای اضافه کردن بلوک تابع به مدار فراهم می‌کنند بدون اینکه نیاز باشد تا مداری که تابع را پیاده‌سازی میند ایجاد نمایید. با استفاده از این قطعات قادر خواهید بود توابع ساده ریاضی نظیر جمع، تفریق و تقسیم یا توابع پیچیده‌تر power، log، sin و مقدار قدر مطلق را روی شکل موجها پیاده‌سازی کنید.معمولاً به جای ایجاد مداری برای انجام تابع، از این بلوک‌ها استفاده می‌گردد. با این کار، به دلیل کاهش تعداد عناصر، شبیه‌سازی مدارهای پیچیده‌تر نیز امکان-پذیر می‌گردد.

نمونه‌هایی از قطعات ABM

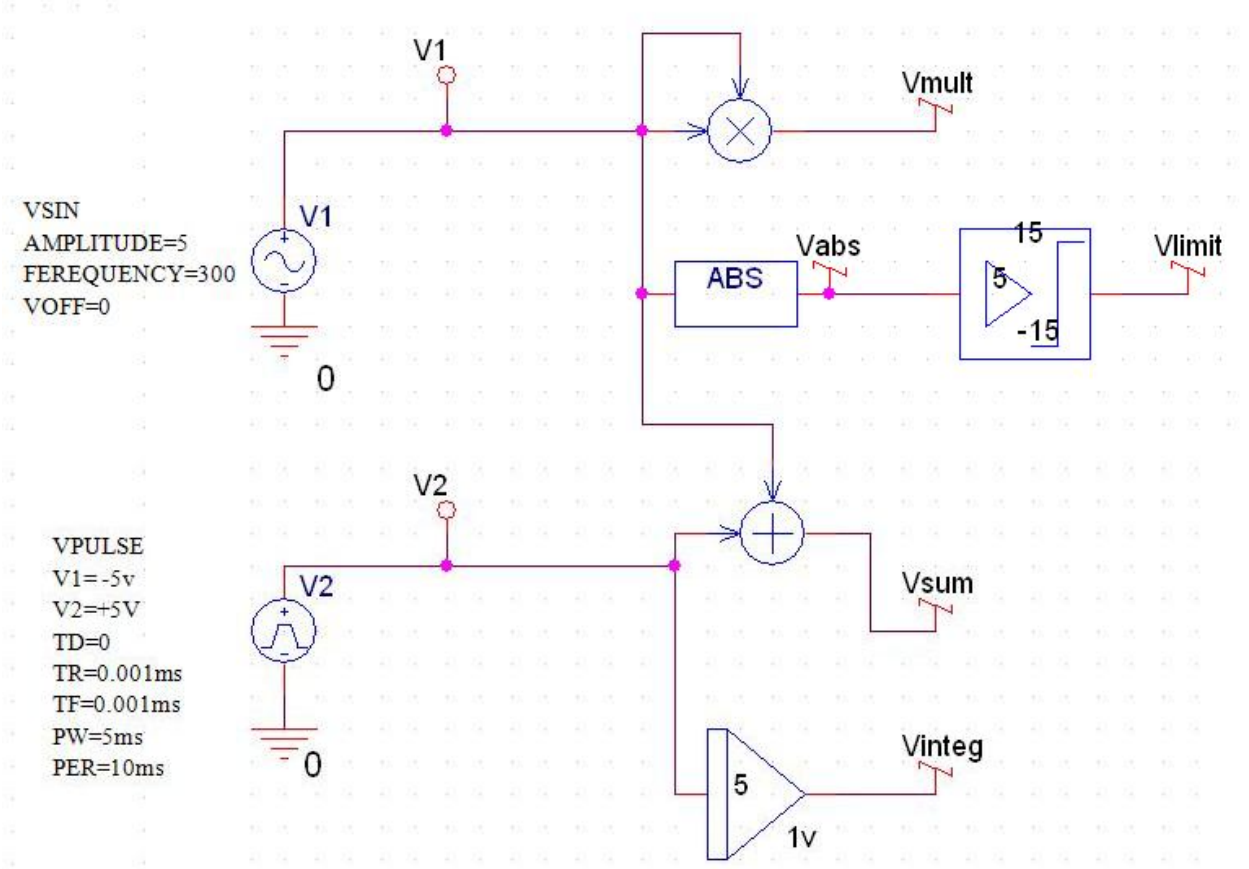
قطعات ABM در کتابخانه ABM.olb قرار دارند. برای مشاهده این قطعات روی گزینه Place part ( ) کلیک کنید، همچنان که در شکل زیر می‌بینیم این قطعات را می‌توانید در کتابخانه ABM مشاهده کنید:



شکل (۹-۱)

قطعاتی نظیر SQRT، SIN، MULT، HIPASS، GAIN، EXP و... را در این کتابخانه مشاهده می‌کنید. این بلوک‌ها تابع تعیین شده را روی شکل موج ورودی اعمال می‌کنند. مثلاً تابع SQRT ریشه دوم ولتاژ ورودی را به عنوان خروجی می‌دهد. با یک مثال عملکرد بعضی از این بلوک‌ها را نشان خواهیم داد.

مدار شکل زیر را ببندید:



شکل (۹-۲)

در این مدار از یک منبع ولتاژ سینوسی (VSIN) و یک منبع پالسی (VPULSE) استفاده شده است. مشخصات هر کدام از منابع در کنار منبع ذکر شده است.

قطعه MULT (ضرب کننده)

این بلوک همانطور که از نامش پیداست ورودیها را در هم ضرب کرده و در خروجی خود می‌آورد. برای آوردن این قطعه عبارت MULT را در Place part تایپ کنید.

قطعه ABS (قدر مطلق)

خروجی این قطعه برابر مقدار قدر مطلق ورودی می‌باشد. برای آوردن این قطعه عبارت ABS را در Place part تایپ کنید.

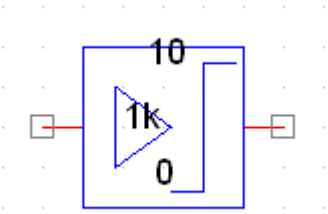
قطعه SUM (جمع کننده)

این بلوک همانطور که از نامش پیداست ورودیها را با هم جمع کرده و در خروجی خود می‌آورد. برای آوردن این قطعه عبارت SUM را در Place part تایپ کنید.

قطعه GLIMIT

این قطعه بلوک بهره با محدودیت ولتاژ خروجی است.

نماد گراغیکی این قطعه در Capture به صورت زیر است:



قطعه بالا دارای بهره ۱K با محدودیت ولتاژ خروجی بین ۰v و ۱۰v می‌باشد. این بلوک را می‌توان به صورت op-amp یک‌طرفه‌ای در نظر گرفت که یکی از پایه‌های تذیه آن به زمین و پایه تغذیه دیگر به ۱۰v متصل شده است. این مقادیر قابل تغییر است. برای تغییر بهره، روی نوشته ۱K دابل کلیک چپ نموده و مقدار آن را به ۵ تغییر دهید. اکنون بهره برابر ۵ است.

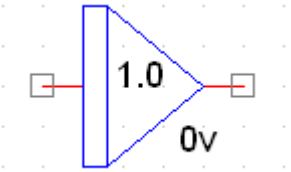
به همین ترتیب بر روی محدودیتهای ۰ و ۱۰ دابل کلیک چپ نموده و مقدار آن‌ها را به ترتیب به ۱۵- و ۱۵+ تغییر دهید.

حال می‌توان این بلوک را به عنوان یک تقویت کننده ایده‌آل با بهره ۵ و تغذیه‌های ۱۵± در نظر گرفت.

بلوک انتگرال‌گیر

برای آوردن این قطعه عبارت INTEG را در Place part تایپ کنید.

نماد گراغیکی این قطعه در Capture به صورت زیر است:



قطعه بالا دارای بهره انتگرال‌گیر (۱) و شرط اولیه ۰(صفر) می‌باشد. برای تغییر بهره، روی نوشته ۱.۰ دابل کلیک چپ نموده و همین‌طور برای تغییر شرط اولیه روی نوشته ۰ دابل کلیک چپ کنید. در این مثال مقدار بهره را به ۵ و شرط اولیه را به ۱ولت تغییر دهید.

حال بلوک انتگرال‌گیر تابع زیر را انجام می‌دهد:

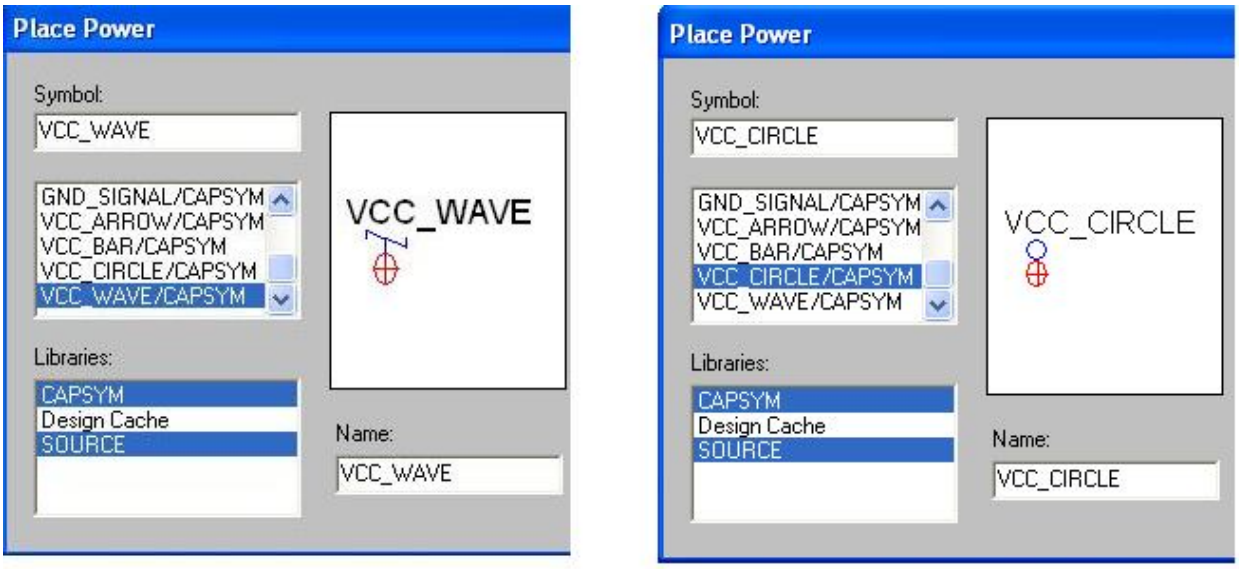
$$V_{out}(t) = \left[A \int_{t=0} V_{in}\, dt\right] + V_{in}(0) = \left[1 \int_{t=0} V_{in}\, dt\right] + 0$$

خروجی — بهره — ورودی — شرط اولیه

شکل (۹-۳)

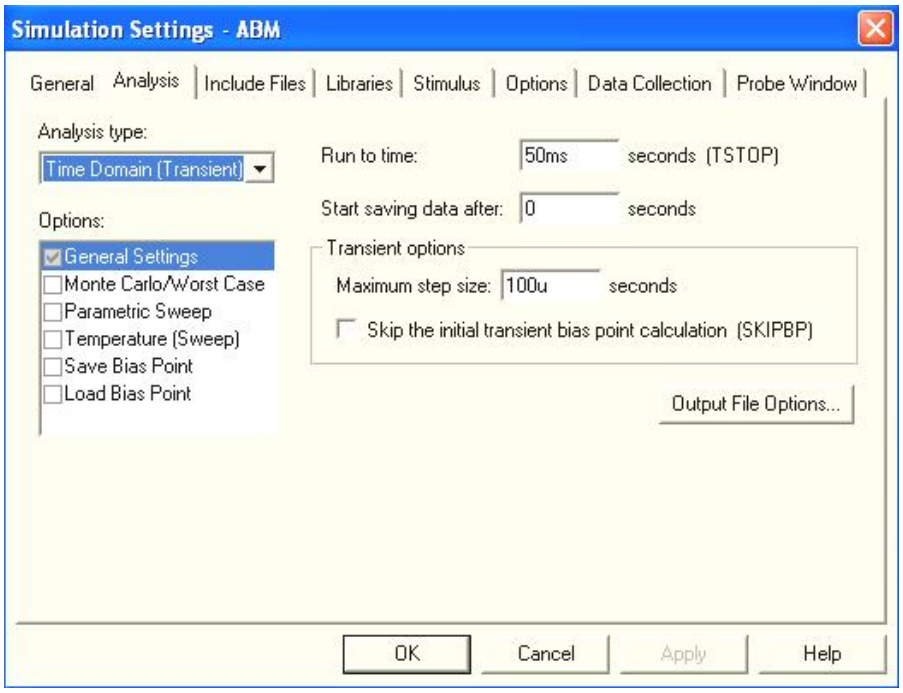
برچسب گره

Capture هفت نماد گرافیکی مختلف را ارائه می‌کند که می‌توان از آنها برای برچسب زدن گره‌ها استفاده نمود. VCC_WAVE و VCC_CIRCLE از این نمونه‌اند که نماد گرافیکی آنها در زیر آمده است:



شکل (۹-٤)

با استفاده از قطعات مذکور مدار شکل (۹-۲) را می‌بندیم. حال گزینه New Simulation Profile را کلیک کرده، با انتخاب یک نام برای صفحه Simulation وارد صفحه Simulation Setting می‌شویم. آنچه در شکل زیر نشان داده شده است تنظیمات مربوط به این صفحه را انجام دهید.

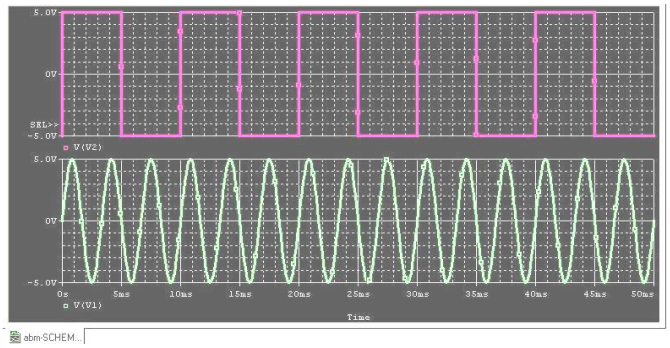


شکل (۹-۵)

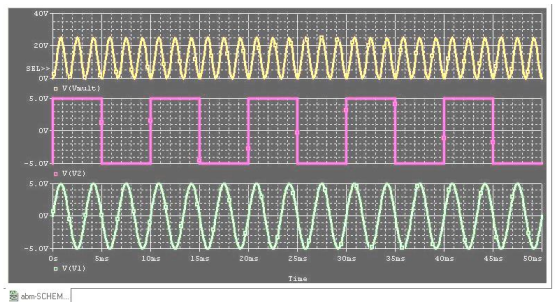
در ابتدا شکل موج دو منبع ولتاژ را می‌بینیم. با انتخاب V(V۱) و V(V۲) در Add Trace ( ) می‌توانید شکل موج دو منبع ولتاژ را مشاهده کنیم:

همان‌طور که در شکل (۹-٦) می‌بینیم V۱ یک منبع ولتاژ سینوسی (VSIN) با دامنه ۵ ولت و فرکانس ۳۰۰ هرتز است. V۲ یک منبع پالسی (VPULSE) مربعی با توجه به مشخصاتی است که تنظیم کرده‌ایم.

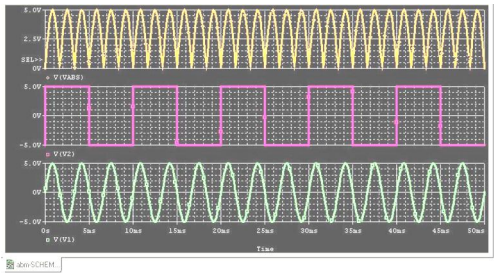
حال خروجی‌ها را تک تک مشاهده کرده و با دو شکل موج ورودی مقایسه نمایید:



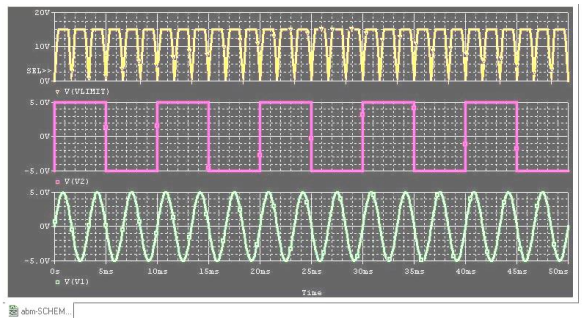
شکل (۹-٦)- شکل موج دو منبع ولتاژ V۱ و V۲



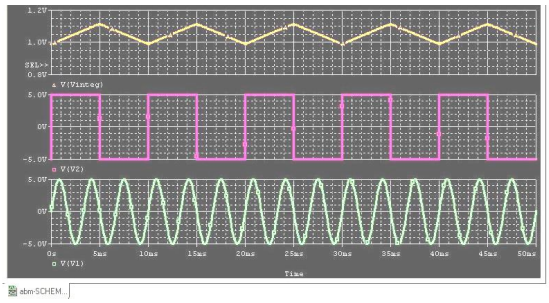
شکل (۹-۷)- خروجی بلوک MULT (ضرب کننده)



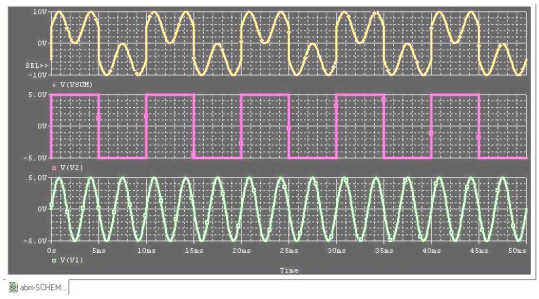
شکل (۹-۸)- خروجی بلوک ABS (قدر مطلق)



شکل (۹-۹)- خروجی بلوک GLIMIT



شکل (۹-۱۰)- خروجی بلوک انتگرال‌گیر



شکل (۹-۱۱)- خروجی بلوک SUM (جمع کننده)