



# آموزش مقدماتی PSpice v9.2

مولف: رضا سپاس یار

## به نام خدا

### فهرست

---

#### فصل اول: ترسیم شماتیک در محیط Capture

شامل:

سیر تکاملی SPICE/ ترسیم مقدماتی / شبیه سازی یک مدار ساده

#### فصل دوم: آشنایی با Probe

شامل:

بررسی کمی نتایج گرافیکی / ترسیم توابع ریاضی / اعمال توابع بر روی پاسخ های مدار / آنالیز فوریه



### فصل سوم: تحلیل گره DC

شامل:

معادل تونن / تحلیل بایاس تقویت کننده ها / بایاس مدارات دیودی / پایداری دمایی / بررسی مدل عناصر / منابع وابسته

### فصل چهارم: تحلیل گذراي مدار

شامل:

تحلیل مدار در حوزه زمان / مدارات مرتبه اول و دوم

### فصل پنجم: جاروب DC

شامل:

مشخصه های انتقالی / مشخصه های جریان - ولتاژ، توان - جریان و ...

### فصل ششم: جاروب AC

شامل:

فازورها / پاسخ فرکانسی و پهنای باند / فیلترهای پسیو و اکتیو

فصل اول

## ترسیم شماتیک در محیط Capture

رئوس کلی

- سیر تکاملی SPICE
- آشنایی با محیط Capture
- شبیه سازی یک مدار ساده



## مقدمه

برنامه SPICE به معنای برنامه شیوه سازی Simulation Program for Integrated Circuits Emphasis است.

با تاکید بر مدارات مجتمع می باشد. پایه های اصلی SPICE در سال ۱۹۷۱ در دانشگاه برکلی ریخته شد و نسخه های ۱ و

۲ آن به زبان Fortran نوشته شد و نسخه ۳ در سال ۱۹۸۳ با زبان C بازنویسی شد. به همین دلیل Script های

SPICE شباهت زیادی به گرامر زبان Fortran دارند.

نسخه های اولیه SPICE تها بر روی کامپیوترهای Main Frame قابل اجرا بودند اما در دهه ۸۰ نسخه هایی از

آن تولید شد که بر روی کامپیوترهای رومیزی قابل اجرا بودند. SmartSpice، PSpice، HSPICE، ultisIM،

NanoSim و UltraSim با نام های SPICE و بیش از ۲۰ عنوان دیگر از این جمله اند. همچنین نسخه هایی از

PSpice برای اجرا در محیط های ینوکس و مکیتاش وجود دارند. در این میان LTSPICE

بهینه شده برای استفاده در PC می باشد<sup>۱</sup> که توسط شرکت MicroSim توسعه داده شده و بعداً امتیاز آن به شرکت

Cadence و OrCad ایجاد شد و در حال حاضر متعلق به Cadence می باشد.

بسته‌ی نرم افزاری OrCad شامل اجزایی برای طراحی فیبر های مدار چاپی نیز می باشد که برای شبیه سازی تنها بخش

CIS و PSpice Capture مورد نیاز می باشد. بدین ترتیب که ابتدا باید مدار مورد نظر بصورت گرافیکی در

PSpice ترسیم شود و سپس Capture فرآخوانی و اجرا شود تا مدار در این محیط شبیه سازی شود. یک

محیط کاملاً گرافیکی می باشد و برخلاف نسخه های قدیمی برای شبیه سازی مدار نیازی به نوشتن Netlist یا لیست

گره های مدار نیست و با استفاده از واسط کاربری گرافیکی (GUI) می توان مدار را به سادگی ترسیم کرد.

<sup>۱</sup>. حرف P افزوده شده به ابتدای آن به این دلیل می باشد.



## آشنایی با محیط Capture

پس از نصب OrCad 9.2، آیکون نرم افزارهای نصب شده در منوی Start و زیر منوی موجود می باشد. که همواره برای شروع ترسیم شماتیک مدار Capture CIS را اجرا می کنیم.

پس از Capture CIS با یک صفحه‌ی خالی رویرو می شویم که برای ایجاد یک پروژه‌ی جدید مسیر زیر را دنبال می کنیم:

File\New Project

در کادر باز شده در فیلد Name یک اسم برای پروژه انتخاب کرده و از دکمه‌های رادیویی زیرین A/D را برمی گزینیم و در کادر Location مکان ذخیره‌ی فایل‌ها را معین کنیم.

پس از تایید، در کادر ظاهر شده گزینه‌ی Create a blank project را انتخاب می کنیم و دکمه OK را کلیک می کنیم. اکنون در صفحه‌ی خالی Capture هستیم و می توانیم با استفاده از منوی Place و گزینه‌ی Part عناصر مداری را به صفحه اضافه کنیم.

در این زمینه به نکات زیر توجه کنید:

| در صورت عدم وجود قطعه‌ی مورد نظر می توانیم با دکمه‌ی Add کتابخانه‌ی مربوطه را اضافه کنیم.

| جهت گردش شکل قطعه، پس از انتخاب آن از کلید R که ابتدای کلمه‌ی Rotate به معنای چرخاندن است استفاده می کنیم.

| جهت تغییر خصوصیات قطعه روی ارزش مورد نظر دوبار کلیک می کنیم.

| با استفاده از گزینه‌ی Net Alias از منوی Place می توانیم به گره‌های مدار نام مستعار دهیم.

| جهت سیم کشی بین عناصر از منوی Place گزینه‌ی Wire را انتخاب می کنیم.

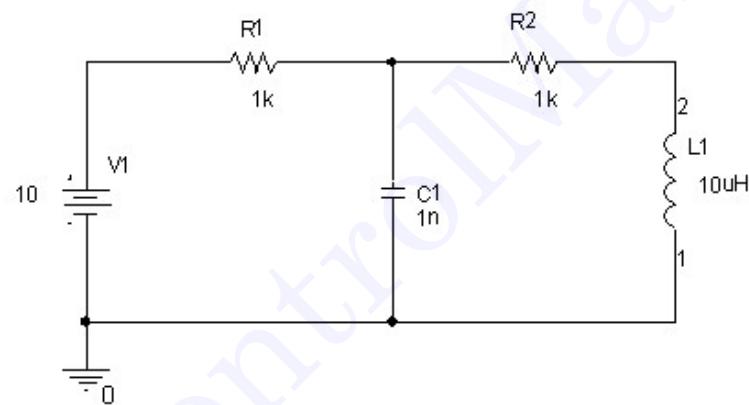
| در PSpice مدار باید حتماً دارای زمین باشد.



## شبیه سازی یک مدار ساده

در اینجا به منظور آشنایی کلی با محیط **Probe Capture** و **Probe Capture** مراحل شبیه سازی یک مدار الکتریکی به صورت گام به گام آورده شده است. لازم به ذکر است که ریز جزئیات این موارد در فصول آینده به تفصیل بحث خواهد شد و در حال حاضر نیازی به دانستن دقیق علت مسیر طی شده نیست.

۱. مدار زیر را در **Capture** ترسیم کنید.



| برای نصب قطعات پس از طی کردن مسیر **Place\Part** و اضافه کردن تمام کتابخانه ها به ترتیب از **Vdc** و **DC** برای مقاومت، **Capacitor** و **Inductor** برای سلف و **Battery** و **Dependent Voltage Source** برای ولتاژ استفاده کنید.  
| برای تغییر مقدار منبع ولتاژ بر روی آن که در حالت پیش فرض ۰ است دوبار کلیک کرده و در کادر حاصل **Value** را به ۱۰ تغییر دهید.

۲. PSpice/New Simulation Profile را بروگزینید.

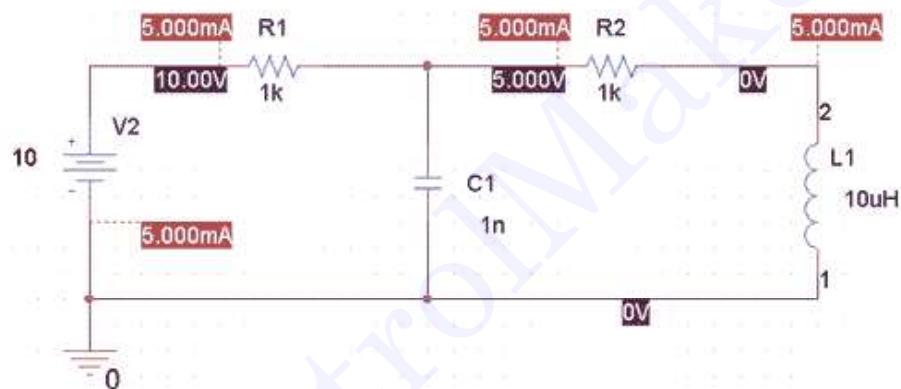
۳. در کادر محاوره ای یک نام برای آن وارد کنید و **Create** را انتخاب کنید.

۴. در کادر **Analysis Type** از منوی باز شدنی **Simulation Setting** گزینه‌ی **Bias Point** اطمینان حاصل کرده و روی دکمه‌ی **OK** کلیک کنید.

۵. از منوی PSpice گزینه‌ی Run را انتخاب کنید.

۶. برنامه‌ی PSice A/D اجرا می‌شود نمایش عدد ۱۰۰٪ در نوار پایین صفحه حاکی از شبیه سازی موقتیت آمیز مدار است. (در غیر اینصورت خطایی در ترسیم مدار وجود دارد).

۷. به محیط Capture بازگردید و از نوار منوی بالای صفحه دکمه های V و I را جهت مشاهده ی ولتاژها و جریان های مدار انتخاب کنید.



| خط چین متصل به برچسب هایی جریان به گره ای وصل است که جریان وارد عنصر می شود.

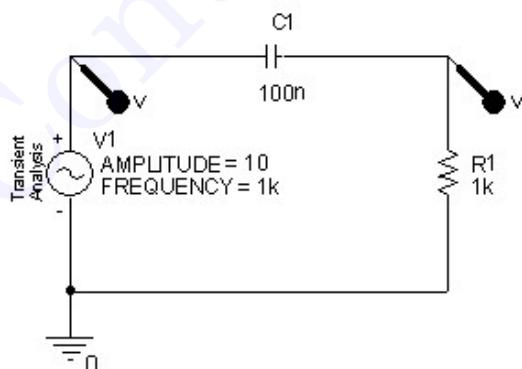


## فصل دوم

# آشنایی با Probe

ابزاری است از PSpice است که نتایج حاصل از تحلیل مدار را به صورت گرافیکی نمایش می‌دهد.

مدار شکل زیر را در محیط Capture ترسیم کنید: (منبع:  $V \sin$  از کتابخانه Class



مطابق دستور العمل داده شده در فصل قبل مدار را شبیه سازی کنید و در کادر Bias Point Analysis Type بجای گزینه Time Domain را انتخاب کنید.

حال برای مشاهده شکل موج نقاط مختلف مدار دو راه وجود دارد:

۱. با استفاده از انتخاب نام مستعار برای گرهی مورد نظر:

از منوی Place گزینهی Net Alias را انتخاب می کنیم و پس از انتخاب نام مورد نظر برای گره آن را در محل مورد نظر قرار می دهیم.

۲. استفاده از Markerها:

مراحل زیر را انجام می دهیم:

### PSpice/Markers/Voltage Level

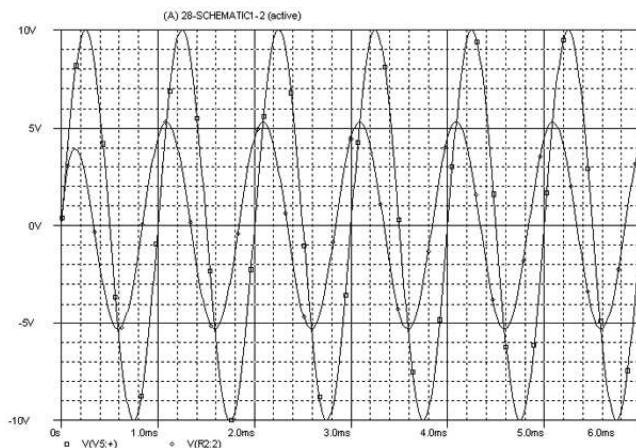
سپس علامت زن چسبیده به موس را در گره مورد نظر قرار می دهیم.

اکنون مدار را شبیه سازی می کنیم: PSpice/Run) و وارد محیط PSpice می شویم.

در صورتی که از نام مستعار برای گره استفاده کرده باشیم باید پس از انتخاب گزینهی Add Trace از منوی Trace از کادر حاصل نام گرهی مورد نظر را انتخاب کنیم.

در صورتی که از Marker استفاده کرده باشیم شکل موج پس از اجرای اسپایس در محیط Probe نمایش داده خواهد شد.

نتیجه را در شکل زیر مشاهده می کنید:



| برای اضافه کردن شکل موج های بیشتر می توانیم Marker های دیگری در گره های دیگر قرار دهیم و یا برای گرهی مورد نظر نام مستعار انتخاب کنیم و در محیط Probe آن نام را اضافه کنیم.

| جهت استفاده از Marker های جریان باید آنها را به یکی از پین های عنصر مورد نظر وصل کنیم.

| در صورت اختلاف مقیاس زیاد بین شکل موجها باید محور عمودی به صفحه Probe اضافه کرد: (Window/New Window) و یا آن را در پنجره‌ی جدیدی نمایش داد.

| کادر Add Trace امکان اعمال توابع ریاضی بر روی شکل موج را نیز فراهم می‌کند.

به عنوان مثال برای نمایش قدر مطلق نمودار بالا کافی است از تابع ABS استفاده کنیم.

### استفاده از مکان نماها

با استفاده از مکان نماها می توان مقادیر عددی شکل موج را بدست آورد. برای این کار دکمه را از نوار ابزار بالای صفحه

در محیط اسپایس کلیک کنید. سپس با کلیک کردن روی هر نقطه‌ی شکل موج مقدار عددی آن در کادر Probe Courser نمایش داده خواهد شد.

| با استفاده دکمه‌های چپ و راست موس می توانید مکان نماهای اول و دوم را جابجا کنید.

۱۲

| در کادر Probe Courser می توان اختلاف مقدار دو مکان را مشاهده کرد.  
| برای برچسب زدن مختصات مکان نما از منوی Plot و سپس Lable را انتخاب می کنیم.  
| برای تغییر بازه ای نمایش داده شده از منوی Axis Setting گزینه ای Data Range را انتخاب کرده و بازه ای مطلوب تغییر می دهیم.

### ترسیم توابع ریاضی و آنالیز فوریه

اگرچه محیط PSpice جهت نمایش شکل موجهای موجود در مدار طراحی شده است اما این قابلیت را دارد که همانند نرم - افزارهای ریاضی (مثل Matlab) شکل توابع ریاضی را ترسیم کند که البته دارای این محدودیت است که محور افقی تنها مقدار مثبت را داراست چون متغیر تابع ما زمان هستند.

برای اینکار مراحل زیر را انجام دهید:

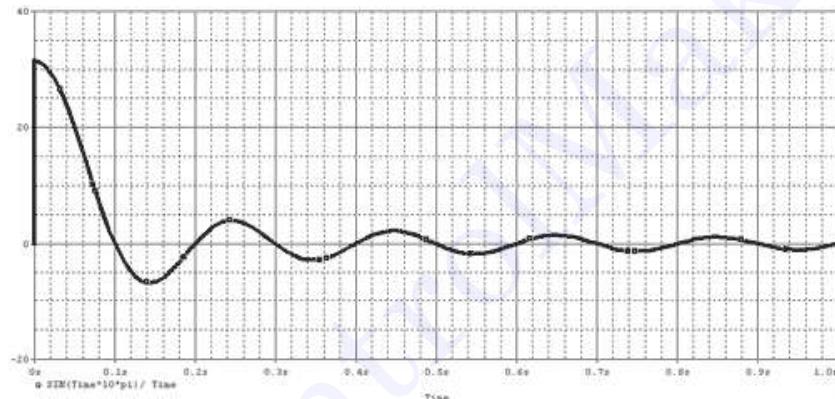
۱. یک پروژه ای جدید ایجاد کنید.
۲. مداری را که تنها دارای منابع DC می باشد، ترسیم کنید و سپس آن را شبیه سازی کنید.
۳. از منوی Simulation در اسپایس، گزینه ای Run To Time را انتخاب کنید و در فیلد Time زمان مورد نظر را (مثلا 1S) وارد کنید.
۴. در محیط اسپایس از منوی Trace گزینه ای Add Trace را انتخاب کنید.
۵. در کادر حاصل از لیست Functions تابع مورد نیاز را انتخاب کنید و سپس با متغیر Time یک تابع ریاضی بنویسید.

۱۳

مثلث:  $\frac{\sin(10\pi t)}{t}$  که به شکل زیر نوشته می شود.

Trace Expression:

و شکل موج آن را در زیر مشاهده می کنید:



| مدار ترسیم شده در Capture هیچ تاثیری در این شکل موج ندارد و تنها جهت دستیابی به محیط PSpice ایجاد شده است.

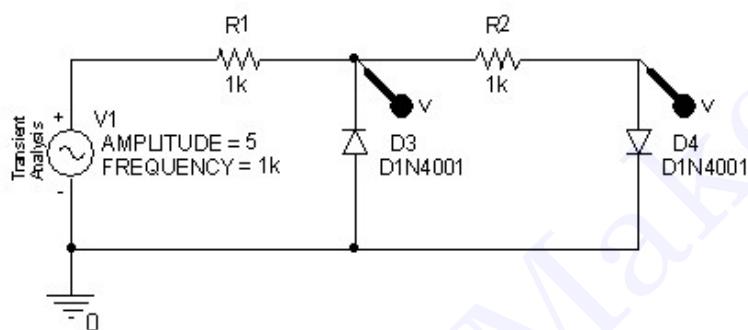
| بیشترین فرکانس منبع موجود در مدار زمان شبیه سازی را تعیین می کند، از این رو از منبع DC استفاده کردیم.

| برای مشاهده ای طیف فوریه ای یک سیگنال بر روی دکمه FFT کلیک کنید.

## تمرین

۱۴

۱. مدار زیر را ترسیم و شبیه سازی کنید: (راهنمایی: دیود D1N4001 مربوط به کتابخانه‌ی Class است).



الف) شکل موج را در نقاطی که مشخص شده بوسیله Marker یا نام مستعار در یک پنجره نمایش دهید.

ب) مکان نما را فعال کنید و اندازه ماکریم و مینیم موج را بدست آورید.

مینیم	ماکریم

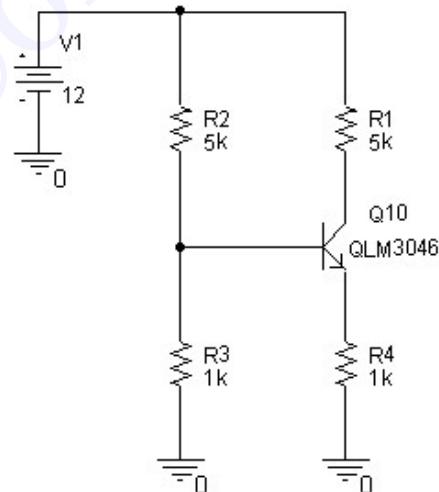
ج) شکل موج ها در دو محور مختلف نمایش دهید.

۳. تابع ریاضی  $|\cos(\arctan(10\pi t))|$  را رسم کنید. ( | نماد قدر مطلق است و تابع آن ABS است).

## تحلیل گرهی DC

در تحلیل گرهی DC تنها منابع جریان مستقیم در نظر گرفته می‌شود و منابع AC صفر می‌شوند. بنابراین المان‌های واکنشی مثل خازن و سلف به ترتیب اتصال باز و اتصال کوتاه می‌شوند. پس هدف تنها تحلیل نقطه‌ی بایاس مدار است.

مدار زیر را در Capture ترسیم کنید:





سپس یک **Profile** جدید بسازید و نام **dc\_bias** برای آن وارد کنید. ( PSpice/New Simulation Profile )

در کادر بعدی از منوی بازشدنی **Analysis Type** گزینه **Bias Point** را انتخاب کنید.

مدار را شبیه سازی کنید و از نوار ابزار برنامه **Capture** دکمه های **V** و **I** را انتخاب کنید.

| برای نمایش توان مصرف شده در عناصر از دکمه **W** استفاده می کنیم.

| برای پنهان کردن مقادیر غیر ضروری ولتاژ یا جریان، گرهی مورد نظر را انتخاب و روی دکمه **Toggle Voltage** یا **Toggle Current** کلیک کنید.

| جریان ها به پایانه مثبت عناصر وارد می شوند و پایه مثبت به خط چین وصل شده است.

| جهت تغییر دمای شبیه سازی در کادر **Simulation Setting** در گزینه **Temprature** دمای مورد نظر را وارد می کنیم.

| برای مشاهده مشخصات دقیق ترانزیستور بر روی آن کلیک راست کنید و گزینه **Edit PSpice Model** را انتخاب کنید.

**سوال:**

نقشهی کار ترانزیستور بالا را بدست آورده و با مقدار شبیه سازی شده مقایسه کنید.

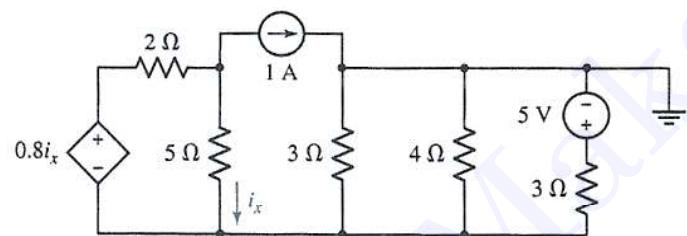
اثر تغییر دما را بر روی نقطه کار بررسی کنید.

۱. مقدار مقاومت ها را طوری تغییر دهید که نقطهی کار وسط خط بار قرار گیرد.

۲. به ازای چه مقدار **R3** ترانزیستور اشباع می شود.

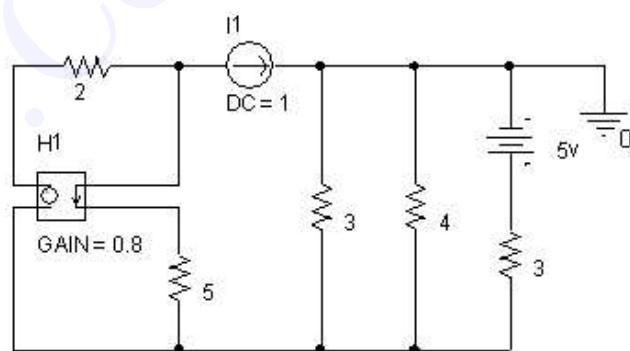
## منابع ولتاژ و جریان وابسته

مدار زیر را در نظر بگیرید: (تحلیل مهندسی مدار - ویلیام هیت - فصل ۴ - تمرین ۴۵)



| منابع وابسته در کتابخانه‌ی Class با حروف E, F, G و H مشخص شده‌اند.

ترسیم مدار بالا در Capture بدین صورت است:



۱۸

سوال:

جريان شاخه های مدار را به دست آورده و با نتایج حاصل از شبیه سازی مقایسه کنید.

### پیدا کردن مقاومت تونن

برای پیدا کردن مقاومت تونن همانند تحلیل مدار باید  $V$  مدار باز و  $I$  اتصال کوتاه را یافته و نسبت آنها را بیابید.

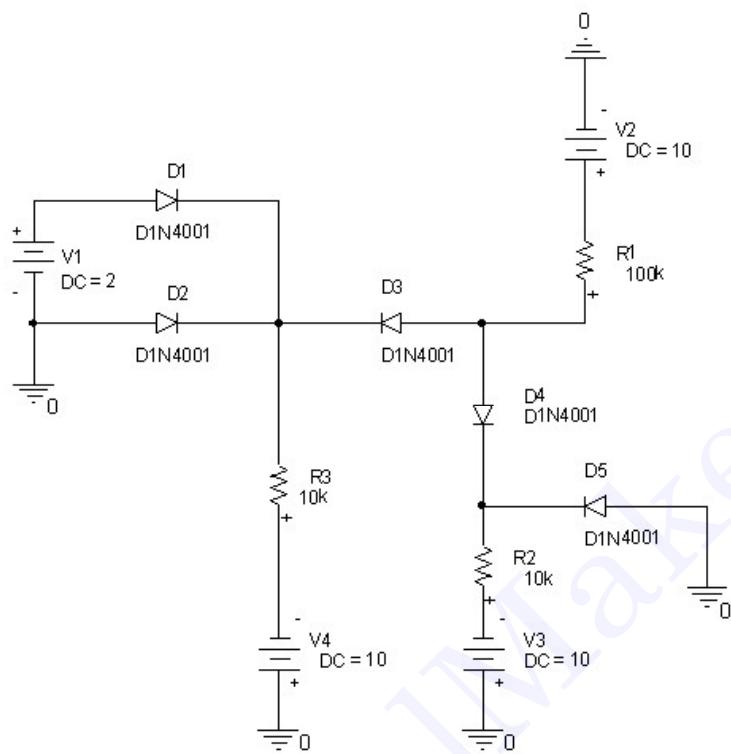
| در اسپایس هیچ گره ای نمی تواند شناور (یک سر آزاد) باشد، بنابراین برای یافتن ولتاژ  $OC$  از یک مقاومت  $100\Omega$  ترا اهمی

استفاده می کنیم و برای پیدا کردن جریان اتصال کوتاه با قرار دادن یک مقاومت فمتو اهمی این مشکل را حل می کنیم.

### تمرین

۱. مدار زیر را ترسیم و تحلیل گره  $i$  DC انجام دهید:

۱۹



الف) تعیین کنید کدامیک از دیودها روشن و کدامیک خاموش است؟

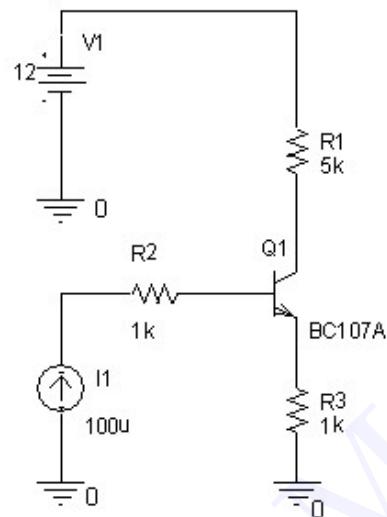
D1	D2	D3	D4	D5

ب) مشخصات دقیق یکی از دیودها را بررسی کنید و مقدار جریان اشباع معکوس، ولتاژ گاما و ولتاژ شکست معکوس را بیابید.

Is	Vj	Bv

20

۲. مدار زیر را ترسیم و تحلیل گرهی DC انجام دهید: (برای منع جریان از  $I_{dc}$  استفاده کنید)



الف) مقدار ولتاژ کلکتور-امپیٹر ترانزیستور را بیابید.

$$V_{ce} = \boxed{\quad}$$

ب) مقدار منبع جریان را تا اندازه‌ای تغییر دهید که نقطه‌ی کار ترانزیستور وسط خط بار قرار گیرد.

$$I_1 = \boxed{\quad}$$

ج) مدار را در دمای‌های ۱۵، ۴۵ و ۷۵ درجه شبهه سازی کنید و اثر آن را بر روی جریان نقطه کار بیابید.

۷۵	۴۵	۱۵

## فصل چهارم

### تحلیل گذرای مدار

جهت بررسی پاسخ مدارهایی که دارای منابع جریان متناوب هستند و همچنین پاسخ گذرای مدارهایی که دارای عناصر واکنشی هستند از تحلیل گذرای مدار استفاده می شود.. در واقع در این بخش تحلیل مدار در حوزه زمان بررسی می شود.

#### مدارات مرتبه اول

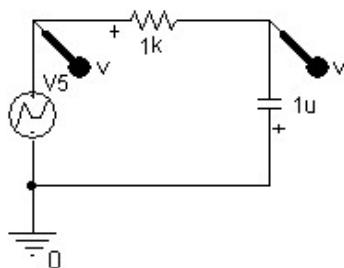
این مدارات که با یک معادله دیفرانسیل مرتبه اول توصیف می شوند دارای یک پاسخ نمایی هستند که از رابطه زیر بدست می آید:

$$e^{-t/\tau} (\text{مقدار اولیه} - \text{مقدار نهایی}) + \text{مقدار نهایی} = \text{پاسخ کامل}$$

که مقدار  $\tau$  برای خازن  $RC$  و برای سلف  $L/R$  می باشد.

مثال:

مدار زیر را در شماتیک ترسیم کنید: (برای منبع پالسی از قطعه‌ی VPWL از کتابخانه‌ی Source استفاده کنید.)



جهت مقدار دادن به منبع پالسی بر روی آن کلیک مضاعف کرده مقادیر زمان و ولتاژ آن را مطابق زیر پر می‌کنیم:

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	Value
0	0.999ms	1ms						0	0	5						VPWL

بر روی منبع و خازن Marker نصب می‌کنیم، مدار را شبیه سازی کرده و در محیط PSpice نتیجه را مشاهده می‌کنیم.

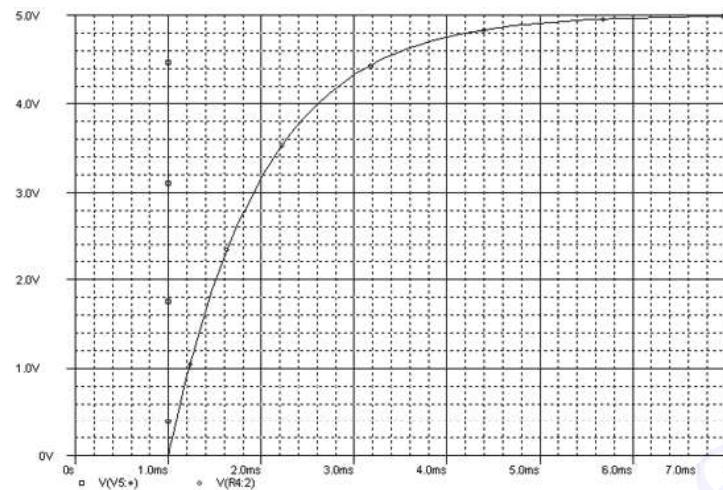
ثابت زمانی مدار فوق  $10^{-6} \times 10^3 = 10^{-3}$  ms یعنی 1ms می‌باشد. پس حدود 5ms نیاز است تا خازن شارژ شود. در محیط

Time Analysis Type Capture از منوی PSpice گزینه‌ی Edit Simulation Profile را انتخاب می‌کنیم و از منوی

Domain را انتخاب کنید و در کادر Run To Time زمان شبیه سازی را تعیین کنید. در اینجا برای مشاهده‌ی کامل تغییرات

7ms در نظر می‌گیریم. نتیجه را در شکل مشاهده می‌کنید:

23



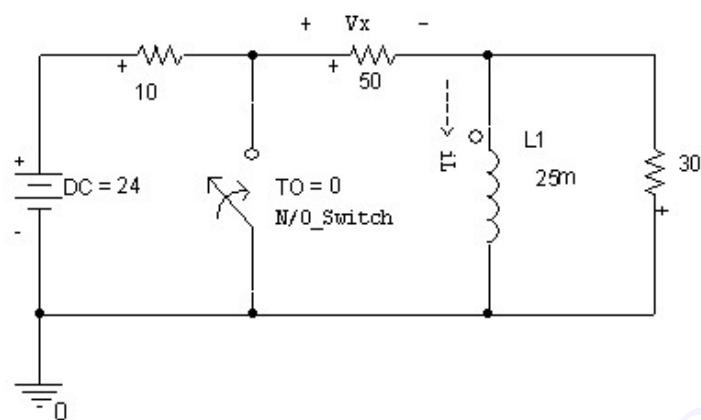
| اندازه‌ی گام حداکثر را می‌توان از فرم Edit Simulation Profile تغییر داد.

| جهت تغییر مقدار اولیه‌ی خازن بر روی آن کلیک مضاعف کرده و در فیلد IC مقدار مورد نظر را وارد می‌کنیم.

مثال

مدار زیر را ترسیم کنید: (تحلیل مهندسی مدار - ویلیام هیت - فصل ۸ - تمرین ۲۱)

24

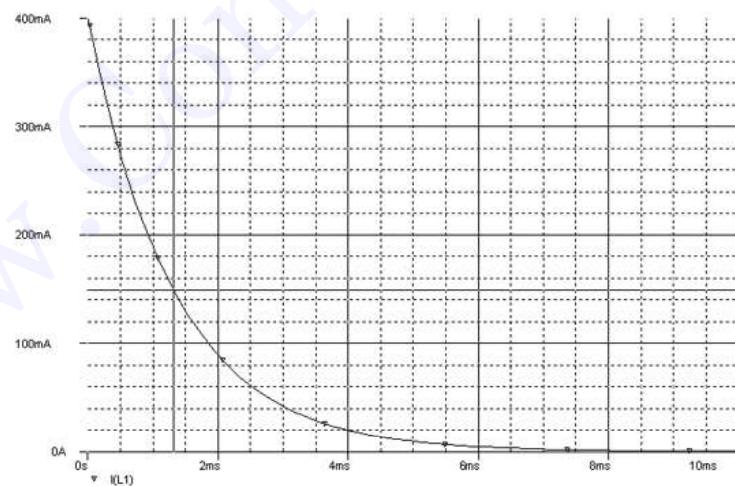


الف)  $i_L(t)$  را به ازای  $0 < t < 10 \text{ ms}$  بیابید.

ب) شکل  $v_x(t)$  را نیز در این بازه پیدا کنید.

ج) مدار را شبیه سازی کرده و مقدار بدست آمده را با مقدار محاسبه شده مقایسه کنید.

شکل موج جریان بدین صورت است:



## مدارات مرتبه دوم

این مدارات دارای خازن و سلف هستند و در مورد یک RLC موازی بسته به مقادیر مقاومت، خازن و سلف سه حالت ممکن

وجود دارد: (یادآوری، در مورد RLC موازی سری دوگان اینها می باشد).

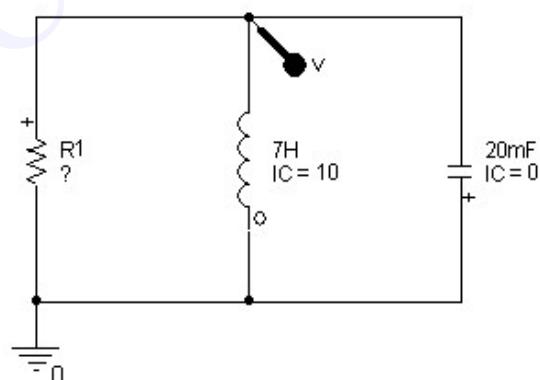
۱.  $\alpha > \omega$  : حالت فوق میرا (مجموع دو تابع میرای نمایی)

۲.  $\alpha = \omega$  : حالت میرای بحرانی (حاصلضرب یک تابع خطی در یک تابع نمایی)

۳.  $\alpha < \omega$  حالت زیر میرا (سینوسی میرا)

## مثال

مدار RLC موازی زیر رارسم کنید:



۱. پاسخ مدار را به ازای  $R$  های بین ۴ تا ۲۰ اهم بیاید. (به صورت گستته)

۲. به ازای چه مقاومتی مدار در حالت میرای بحرانی قرار می گیرد.

۳. کاهش  $R$  چه تاثیری بر روی زمان نشست دارد.

۴. مدار را حل کرده و با مقدار شبیه سازی شده مقایسه کنید.

شکل موج را در حالت میرای بحرانی مشاهده می کنید:



### پاسخ مدار به منابع متناوب

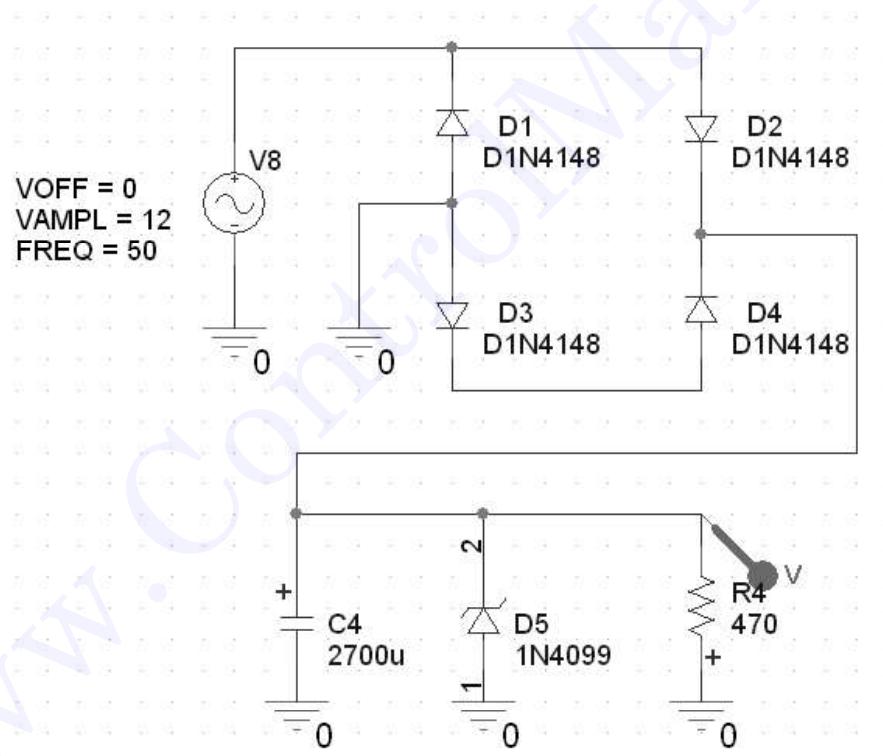
در این حالت مدار را در حوزه  $i$  زمان تحلیل می کنیم و برای این منظور از منابع زیر استفاده می کنیم:

$\bullet$  جهت تولید منابع سینوسی (با فرکانس، فاز و دامنه مشخص می شود).

$\bullet$  برای ایجاد منابع نمایی (با ضریب و نما مشخص می شود).

- $\text{Vpulse}$ : منابع پالسی (با عرض پالس و دوره تناوب مشخص می شود).
- $\text{Vpwl}$ : منابع تکه ای خطی (piecewise linear)
- $\text{Vtri}$ : موج مثلثی
- $\text{Vramp}$ : موج دندانه اره ای
- $\text{V\_ttl}$ : موج مربعی با دامنه ۵ ولت ایجاد می کند.

یک منبع تغذیه های DC مطابق شکل زیر ترسیم کنید:



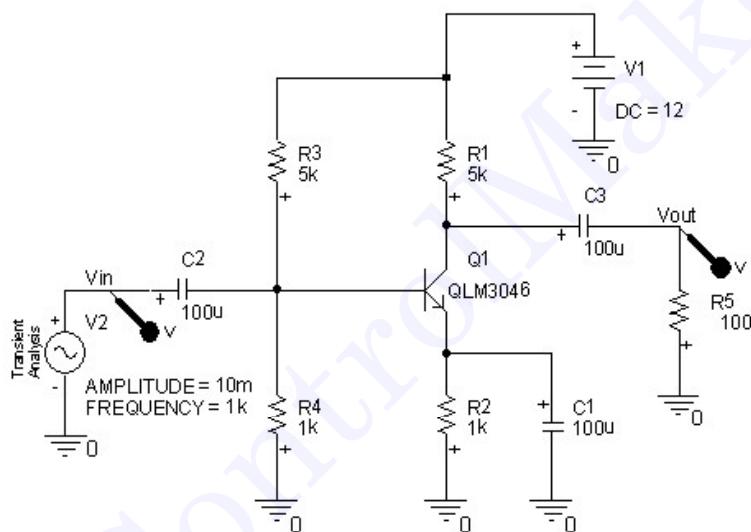
ولتاژ دو سر مقاومت ۴۷۰ اهمی را بوسیله مارکر PSpice مشاهده کنید.

مقدار ریپل (عدم صافی) این منبع تغذیه چقدر است؟

تغییرات بار ( مقاومت ۴۷۰ اهم ) چه تاثیری رو ریل می گذارد ؟  
را به ۱ میکروثانیه تغییر دهید و مدار را دوباره شبیه سازی کنید.

### تمرین

۱. مدار شکل زیر را ترسیم کنید:



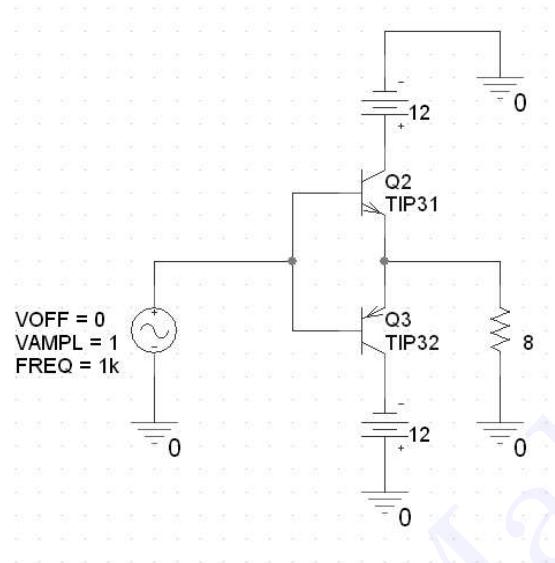
الف) شکل موج ورودی و خروجی را مشاهده کنید.

ب) بهره ای تقویت کننده را به صورت تئوری محاسبه کرده و با مقدار شبیه سازی شده مشاهده کنید.

ج) ماکریمم نوسان متقارن تقویت کننده را بدست آورید.

د) طیف فوریه ای ورودی و خروجی را مشاهده کرده و نتیجه گیری کنید.

۲. تقویت کننده‌ی توان زیر را ترسیم کنید:



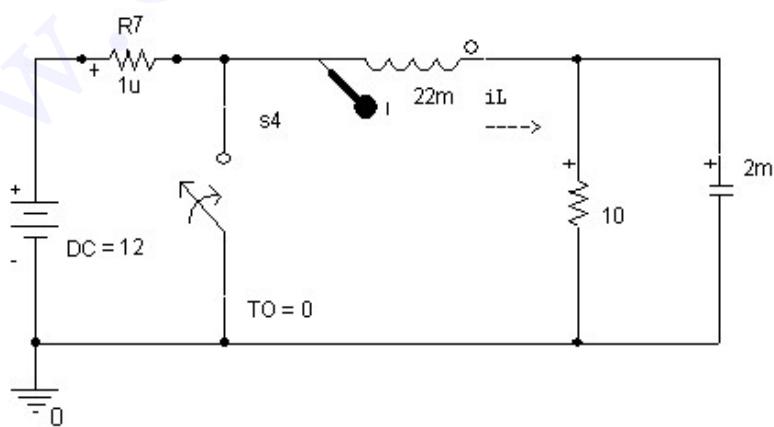
الف) شکل موج ورودی و خروجی را در محیط Probe مشاهده کنید.

ب) طیف فوریه‌ی شکل موج خروجی را مشاهده کنید.

ج) طیف فوریه را برای فرکانس‌های ۱ تا ۱۰۰ کیلو هرتز نمایش دهید.

۳. در مدار زیر ( $i_L(t)$ ) را بدست آورید. (توجه: مقاومت ۱ میکرو اهمی جهت عملی شدن شبیه سازی قرار داده شده و

نقشی در پاسخ ندارد.)



## فصل پنجم

## جاروب DC

جاروب DC امکان یافتن پاسخ مدار به بازه ای از منابع جریان مستقیم را می دهد. به عبارت دیگر بدین وسیله امکان ترسیم

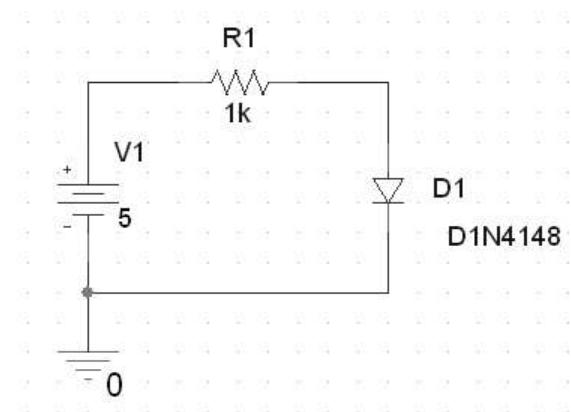
مشخصه‌ی انتقالی مدار وجود دارد. همانند تحلیل DC در اینجا نیز تمام خازن‌ها اتصال باز و سلف‌ها اتصال کوتاه می

باشند.

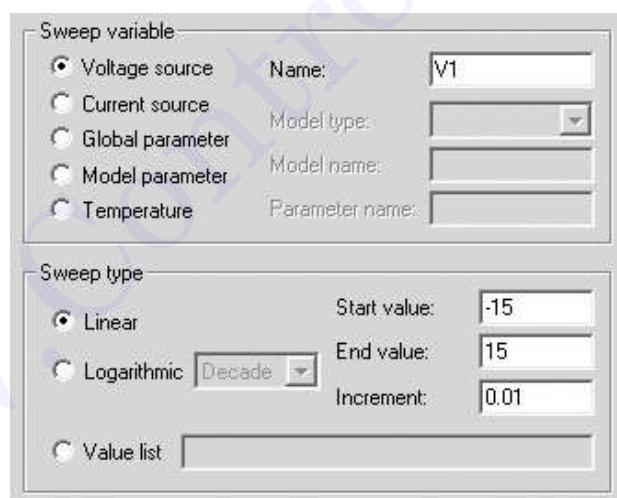
### مشخصه‌ی ولتاژ - جریان

به عنوان نمونه در ادامه مشخصه ولتاژ جریان دیود را رسم می کنیم. مداری مطابق شکل زیر ترسیم کنید:

31



مدار را شبیه سازی کرده و در کادر Analysis Type گزینه DC Sweep از منوی Simulation Profile را انتخاب می کنیم. جدول حاصل را مطابق شکل زیر پر می کنیم و فرم را تایید می کنیم.

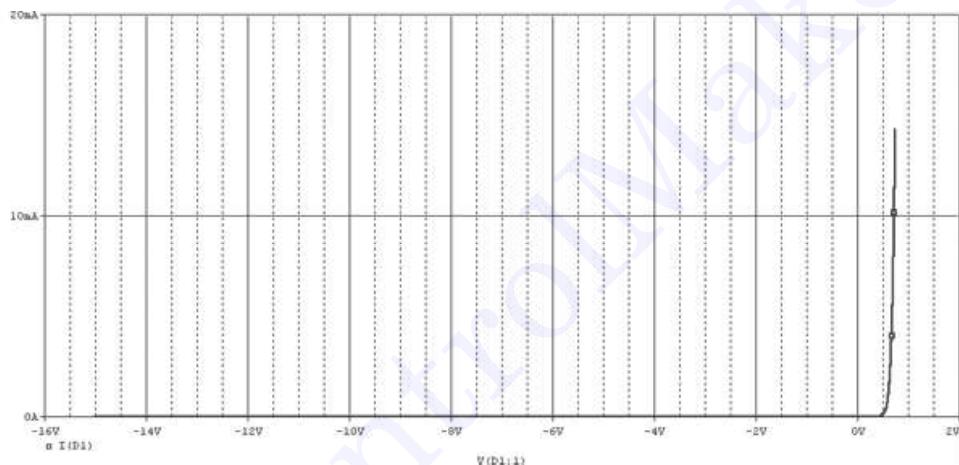


32

در محیط اسپایس از منوی Trace Expression گزینه **Add Trace** را انتخاب کرده و در فیلد متنی جریان دیود را (D1) را وارد می کنیم. شکلی را که مشاهده می کنیم جریان دیود بر حسب تغییرات منبع تغذیه می باشد. حال برای تغییر

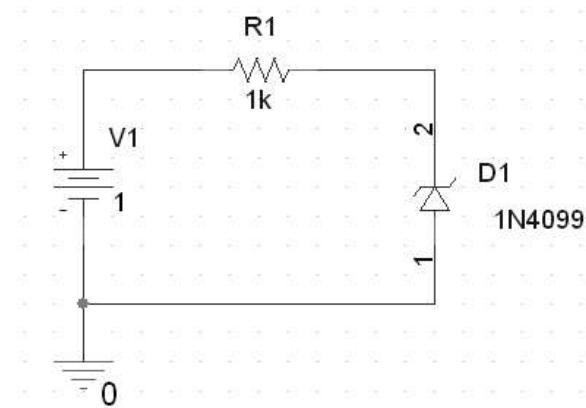
دادن نمودار به جریان دیود بر حسب ولتاژ آن باید متغیر محور افقی را بدین ترتیب تغییر دهیم:

در محیط اسپایس از منوی Plot گزینه **Axis Setting** را انتخاب کرده و از برگه **X Axis** روی دکمه **Variable** را کلیک کرده و ولتاژ دیود را (D1:1) انتخاب می کنیم. تمام مراحل قبلی را تایید کرده و مشخصه ای انتقالی دیود را مشاهده می کنیم:



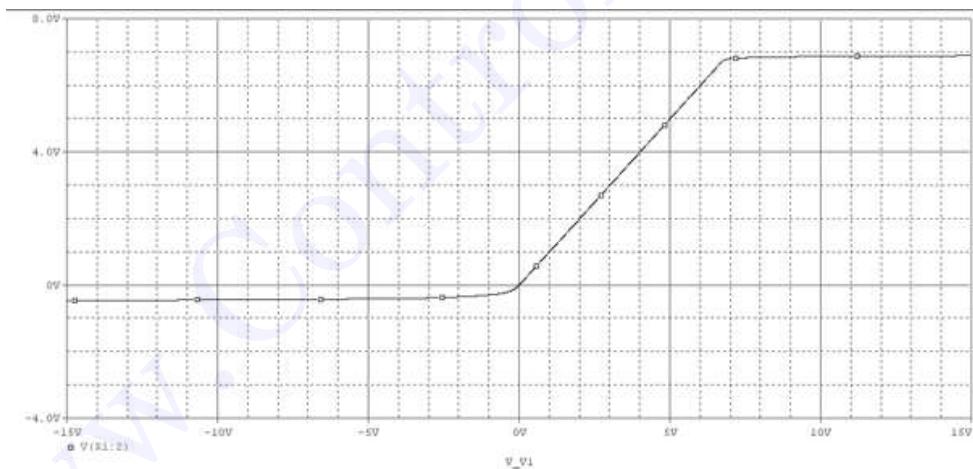
### مشخصه ای انتقالی DC

مدار برش زنری زیر را ترسیم کنید:



مطابق مدار را با گزینه‌ی DC Sweep شبیه سازی کنید و سپس ولتاژ کاتد دیود زنر را با Marker علامت بزنید.

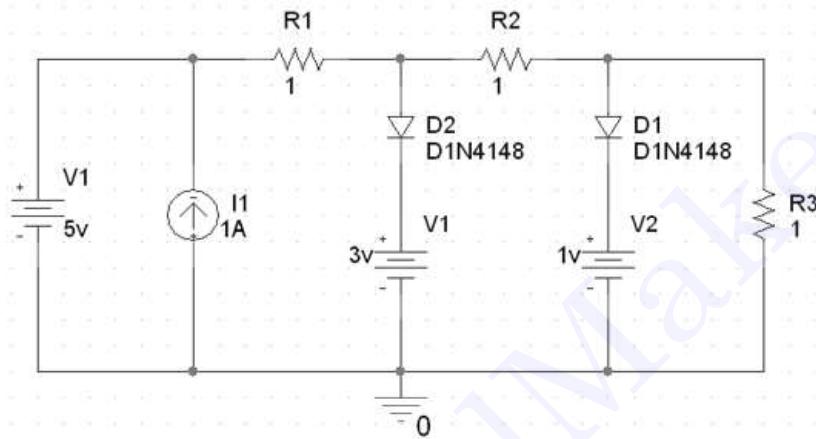
حال در محیط اسپایس مشخصه‌ی انقلالی مدار را ملاحظه می‌کنید:



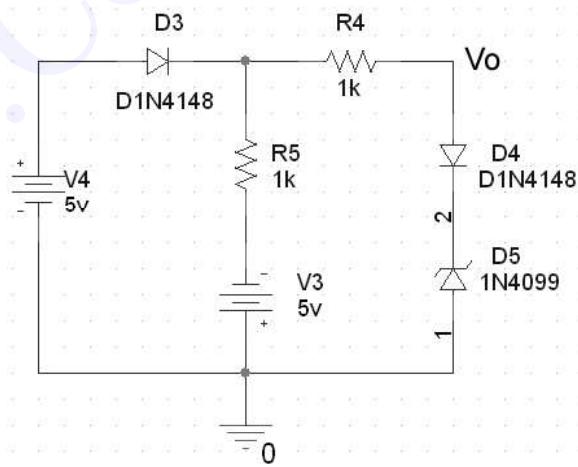
34

## تمرین

۱. مشخصه جریان - ولتاژ منبع ولتاژ را در مدار زیر بدست آورید.



۲. مشخصه ای انتقالی مدار زیر را رسم کنید: (خروجی  $V_o$  مشخص شده است.)





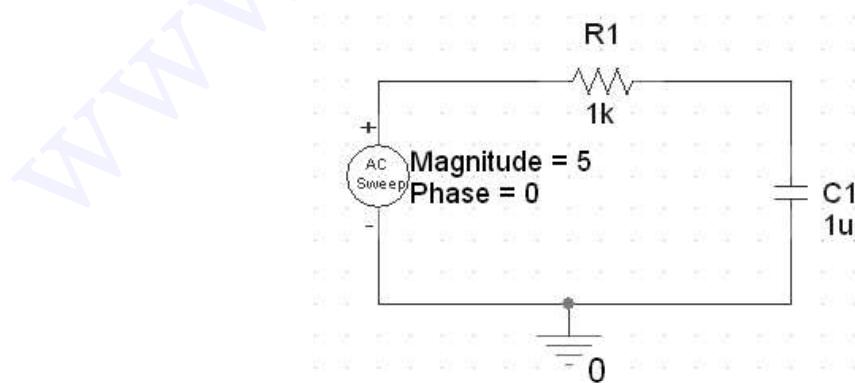
## فصل ششم

# فازورها، جاروب AC و پاسخ فرکانسی

از جاروب AC جهت یافتن پاسخ مدار به فرکانس های مختلف استفاده می شود و در واقع روشی برای یافتن پاسخ فرکانسی مدار های دارای المان های واکنایی (سلف و خازن) می باشد.

### بررسی موردی یک فیلتر پسیو

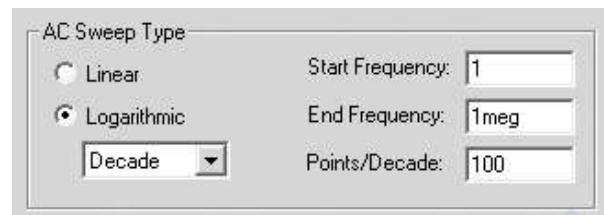
فیلتر پایین گذر زیر را رسم کنید: (جهت منبع سینوسی از VAC در کتابخانه Class استفاده کنید).



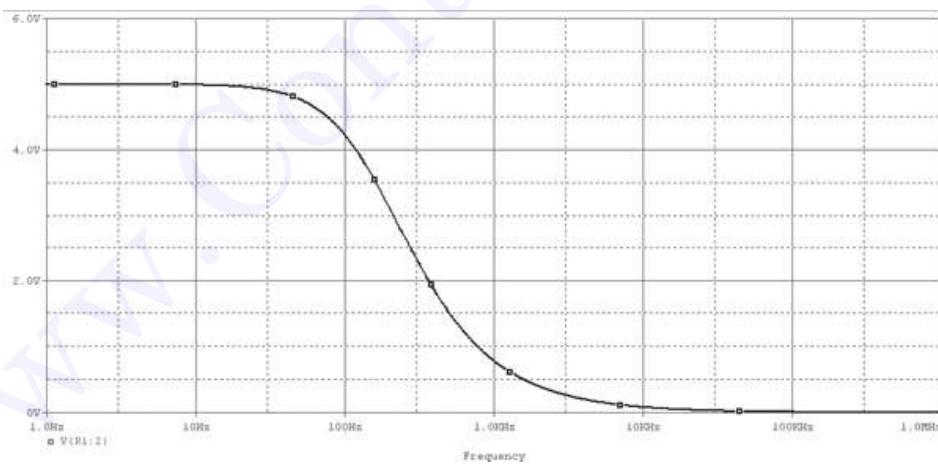


پس از ایجاد پروفایل جدید در فرم AC Sweep Analysis Type گزینه‌ی Simulation Setting را انتخاب کرده

و محتوای آن را مطابق جدول زیر پر کنید:

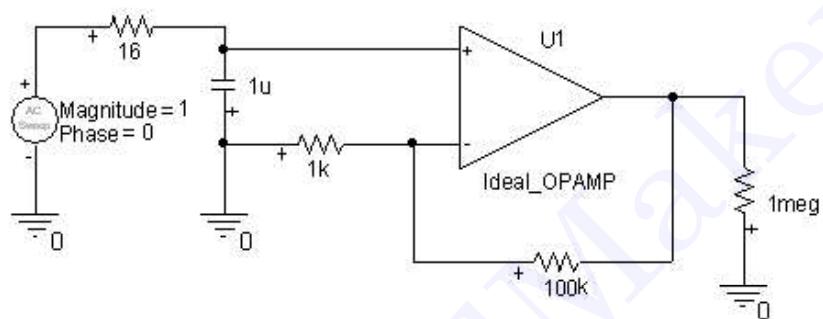


فرم را تایید کرده، بر روی خازن یک Marker نصب می‌کنیم و مدار را شبیه سازی می‌کنیم. نتیجه همان طور که در زیر مشاهده می‌کنید مطابق با رفتار یک فیلتر پایین گذر می‌باشد:



## بررسی موردی یک فیلتر اکتیو

فیلتر پایین گذر زیر را ترسیم و در بازه‌ی ۱۰۰ تا ۱۰۰ کیلو هرتز جاروب فرکانسی می‌کنیم.



فرکانس قطع فیلتر را بدست آورید.

این کار را با Opamp LM741 غیر ایده آل انجام دهید. اختلاف ناشی از چیست؟

پاسخ فرکانسی این فیلتر را در زیر مشاهده می‌کنید:

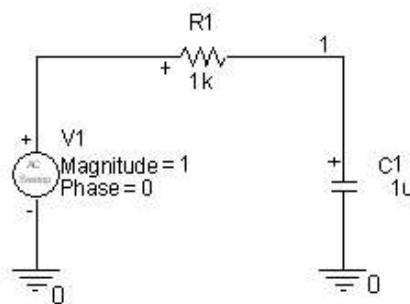
W  
∞



تحلیل مدار در حوزه ی فرکانس (فازورها)

مدار زیر را ترسیم کنید:

- PRINT = AC V(1,0)
- PRINT = AC VP(1,0)





یک پروفایل جدید بسازید و نوع شبیه سازی را AC Sweep انتخاب کنید. در کادر تنظیمات فرکانس شروع را ۱۰۰ و فرکانس پایان را ۳۰۰ و تعداد نقاط را ۳ انتخاب کنید و مدار اجرا کنید.

در محیط PSpice از منوی View گزینه Output File را انتخاب کرده و نتایج را مشاهده کنید:

- FREQ V(1,0)
- 1.000E+02 8.467E-01
- 2.000E+02 6.227E-01
- 3.000E+02 4.687E-01

ملاحظه می کنید به ازای هر فرکانس مقدار دامنه مشخص شده است. نتیجه مشابهی در مورد زوایای فاز در فایل خروجی

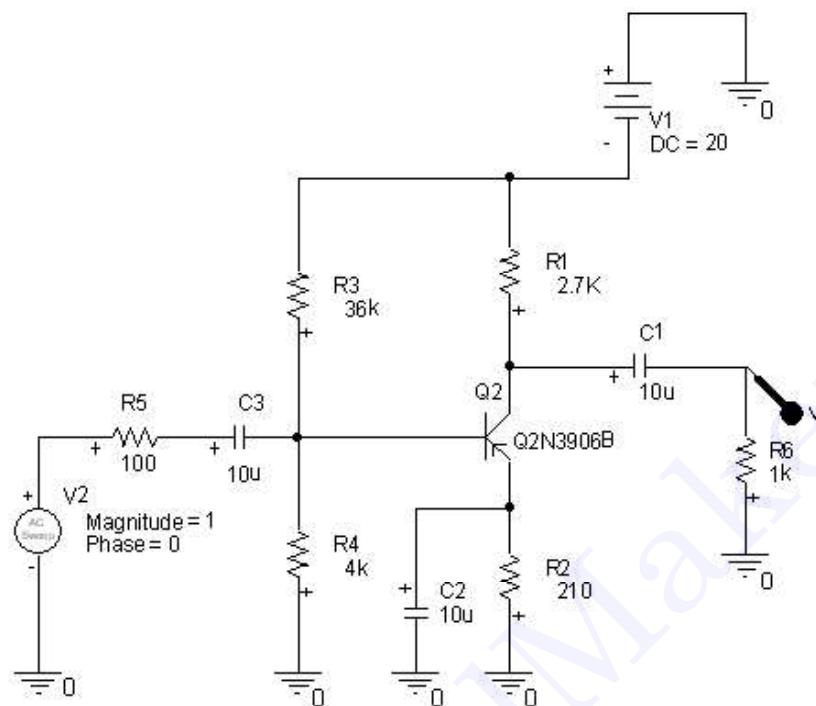
وجود دارد:

- FREQ VP(1,0)
- 1.000E+02 -3.214E+01
- 2.000E+02 -5.149E+01
- 3.000E+02 -6.205E+01

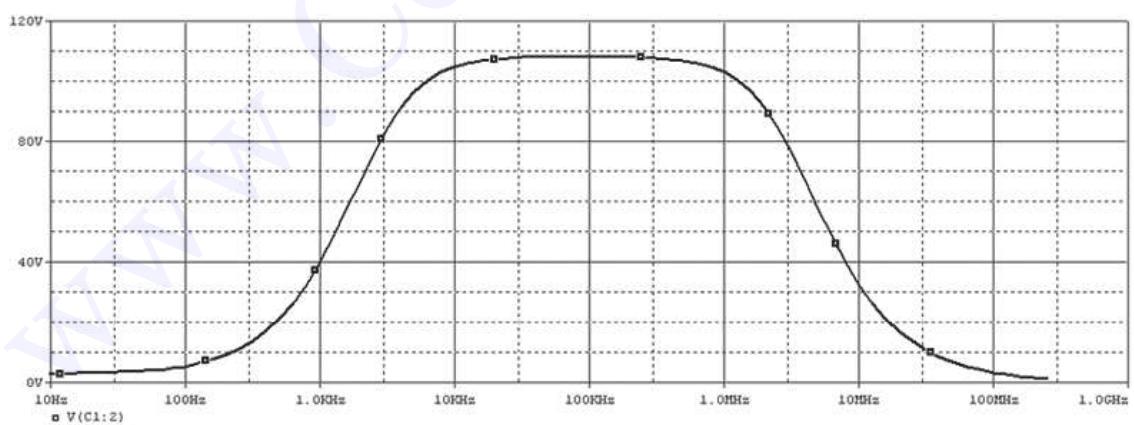
پاسخ فرکانسی و پهناهی باند

مدار زیر را در بازه‌ی ۲۰ تا ۲۰۰ مگاهرتز جاروب کنید.

40



نتیجه را در زیر مشاهده می کنید:



T4

۱. فرکانس قطع بالا و پایین را بدست آورید. (فرکانسی که دامنه  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  برابر مقدار ماکزیمم اش است.)

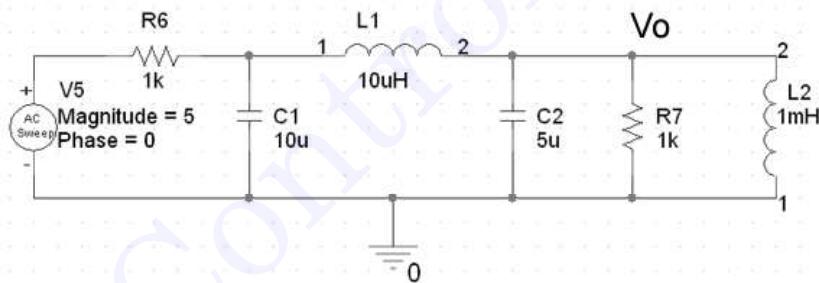
۲. پهنهای باند این تقویت کننده را بدست آورید. (اختلاف فرکانس قطع بالا و پایین)

۳. شبیه سازی را یک بار دیگر با آرایش بیس مشترک تکرار کنید و قسمتهای ۱ و ۲ را انجام داده و مقایسه کنید.

۴. مقدار خازن های کوپلازر را تغییر دهید و اثر آن را بر روی فرکانس قطع بالا و پایین بدست آورید.

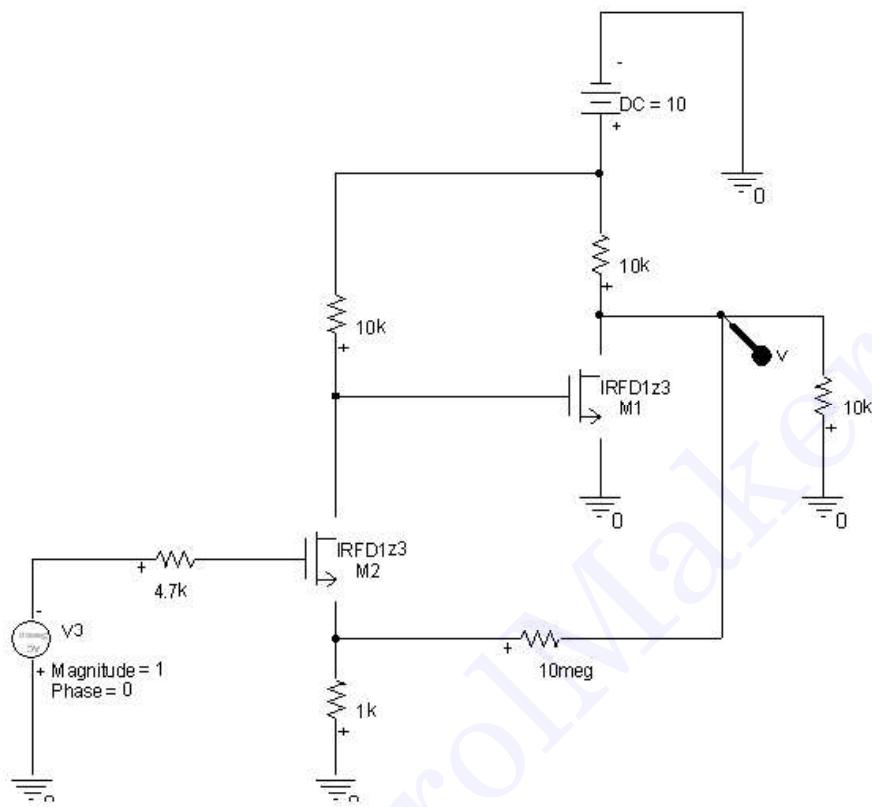
### تمرین

۱. پاسخ فرکانسی مدار زیر را به ازای ۱ کیلو تا ۱ مگا هرتز بدست آورید. (خروجی با  $V_o$  مشخص شده است.)



۳. پهنهای باند تقویت کننده ی زیر را بدست آورید. (مبانی الکترونیک، میر عشقی، جلد ۲، صفحه ۱۳۶)

42



با حذف مقاومت فیدبک این کار را تکرار کنید.