

«باسمه تعالی»



گزارش و پیش گزارش آزمایش سوم
بررسی مدار معادل تونن و نورتن



طراحی و تدوین:

مهدی رحمانی

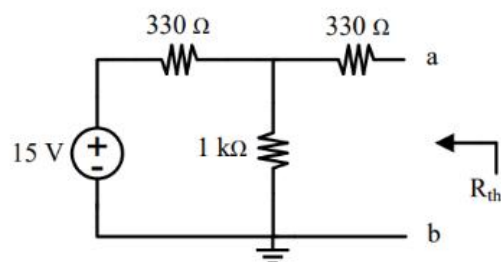
9731701

هدف آزمایش

بررسی مدار معادل تونن و نورتن و قضیه انتقال توان ماکزیمم

پیش گزارش ۱: در مدار شکل ۱ مقاومت تونن دیده شده از دو سر a و b را محاسبه کنید؟

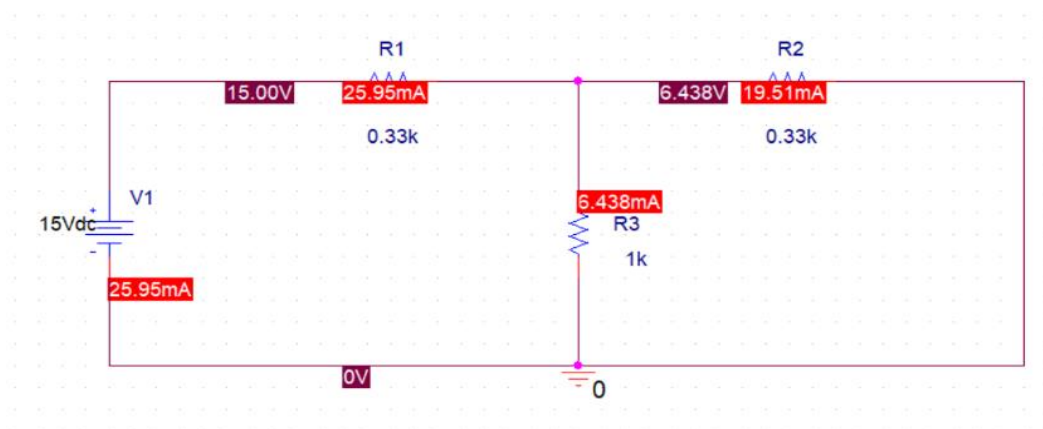
۱- مدار شکل ۱ را ببندید. با اتصال کوتاه کردن دو نقطه a و b جریان I_{sc} (جریان اتصال کوتاه بین دو نقطه a و b) را اندازه گیری کرده و سپس با باز کردن دو نقطه a و b ولتاژ V_{oc} (ولتاژ مدار باز) را با ولت متر بخوانید. سپس با داشتن این دو مقدار، R_{th} را محاسبه کنید.



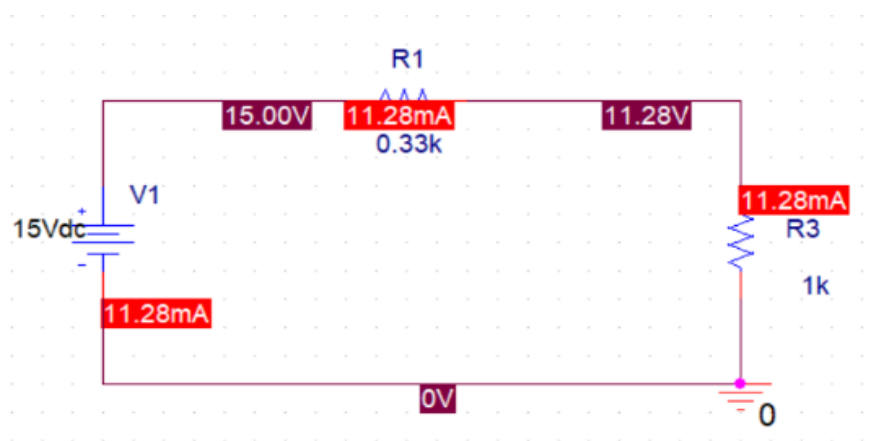
شکل ۱

قسمت شبیه سازی:

مرحله اول) ابتدا برای یافتن I_{sc} به این صورت عمل میکنیم که دو سر a و b را اتصال کوتاه می کنیم. سپس با بستن مدار و تحلیل این مدار به صورت Bias Point میتوانیم جریان گذرنده از هر قطعه و ولتاژ هر شاخه را حساب کنیم. طبق شکل زیر جریان گذرنده از مقاومت R2 برابر $I_{sc} = 19.51 \text{ mA}$ میباشد. بنابراین



مرحله دوم) حال برای یافتن V_{oc} لازم است تا دو نقطه ی a و b را باز کنیم (مدار باز کنیم). سپس ولتاژ دو سر مقاومت $1k\Omega$ برابر همان V_{oc} می باشد. در این حالت نیز تحلیل مدار به صورت Bias Point می باشد. طبق شکل زیر در نتیجه ی به دست آمده از شبیه سازی ولتاژ دو سر مقاومت $R3$ که برابر V_{oc} می باشد را مشاهده می کنید بنابراین $V_{oc} = 11.28\text{ v}$ می باشد (V_{th} در واقع ولتاژ تونن می باشد که همان V_{oc} موردنظر سوال می باشد).

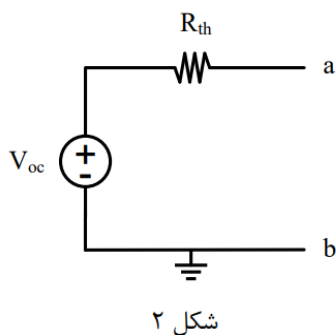


قسمت تئوری:

مرحله سوم) حال برای محاسبه ی R_{th} میتوان از فرمول محاسبه ی آن بر حسب V_{oc} و I_{sc} استفاده کرد که در زیر آمده است:

$$R_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} = \frac{11.28\text{ v}}{19.51\text{ mA}} = 0.5781k\Omega$$

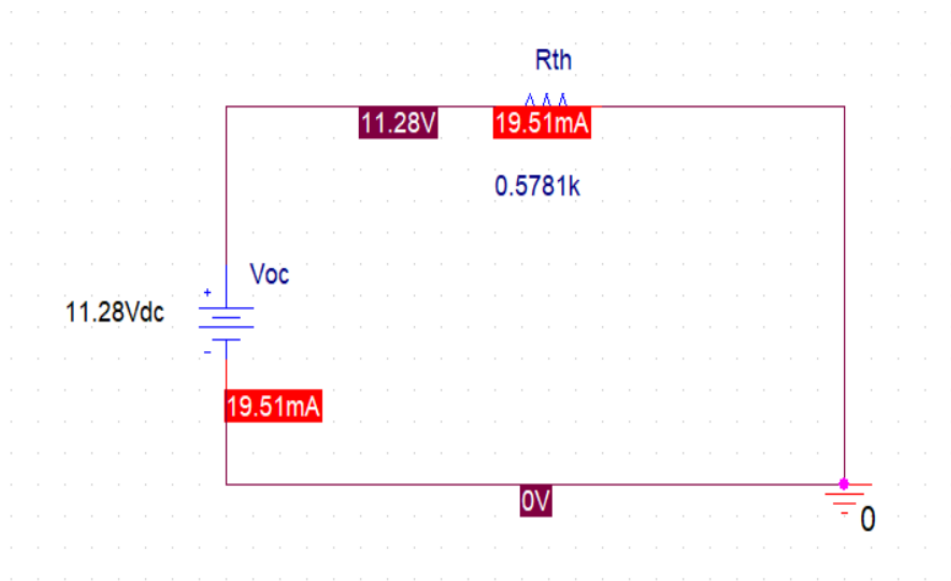
۲- حال مدار شکل ۲ را با توجه به مقادیر بدست آمده از مرحله ۱ ببندید. (برای جایگزینی R_{th} در مدار از پتانسیومتر استفاده کنید) مجدداً مقادیر I_{sc} و V_{oc} را بدست آورید و سپس با اعداد قبلی مقایسه نمایید. چه نتیجه‌ای میگیرید؟ بنویسید.



قسمت شبیه سازی:

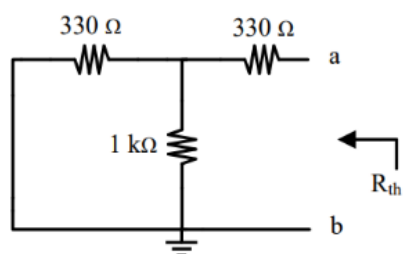
در این قسمت میخواهیم چک کنیم که آیا با بستن مدار تونن آیا این مدار معادل با مدار مرحله قبل میباشد یا خیر؟

برای این کار یک مدار به کمک R_{th} و V_{oc} حساب شده از مرحله ی قبل میبندیم و دو سر a و b را اتصال کوتاه کرده و جریان حاصل را میخوانیم. لازم به ذکر است در اینجا نیز نوع تحلیل ما به صورت Bias Point میباشد.



همانطور که مشخص است جریان گذرنده در این مدار برابر با 19.51mA میباشد. پس به این موضوع رسیدیم که جریان اتصال کوتاه این مدار با جریان اتصال کوتاه مدار قبل برابر است. پس این دو مدار با یک دیگر معادل اند. و در حالت کلی میتوان گفت برای مدار شکل 1 مدار معادل تونن را یافتیم و مدار شکل 1 را برای تحلیل های دیگر میتوان با مدار شکل 2 جایگزین کرد چرا که این دو مدار معادل اند.

۳- منبع مدار شکل ۱ را غیرفعال کنید. توسط اهمتر دیجیتالی مقاومت R_{th} در مدار شماره ۳ را اندازه گیری و مقدار آن را یادداشت کنید. سپس نتیجه را با آزمایشهای قبلی مقایسه کرده، علت اختلاف احتمالی را بنویسید.



شکل ۳

در این قسمت دیگر شبیه سازی نداریم.

در این شکل منبع مستقل موجود در شکل 1 حذف شده است و سپس میخواهیم به صورت دستی مقاومت معادل مدار را حساب کرده و می دانیم که این مقاومت معادل برابر همان R_{th} مدار میباشد.

برای حساب کردن مقاومت معادل به این صورت عمل میکنیم که اگر دو سر a و b اتصال کوتاه شود آنگاه دو مقاومت 330Ω و $1\text{ k}\Omega$ سمت راست مدار با یک دیگر موازی شده و حاصل آن ها با مقاومت 330Ω سمت چپ مدار سری میشود. پس داریم:

$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1\text{ k}\Omega} + \frac{1}{0.33\text{ k}\Omega} = 4.03\text{ k}\Omega^{-1} \rightarrow R_{eq1} = 0.248\text{ k}\Omega$$

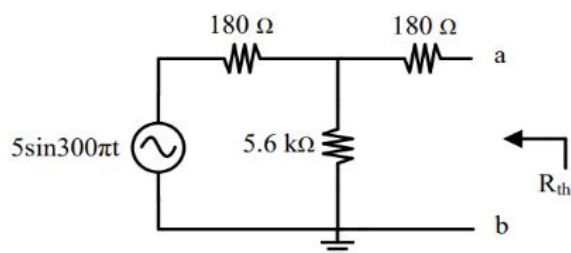
$$R_{eq} = R_1 + R_{eq1} = 0.33\text{ k}\Omega + 0.248\text{ k}\Omega = 0.578\text{ k}\Omega$$

بنابراین داریم : $R_{eq} = R_{th} = 0.578\text{ k}\Omega$

بنابراین همانطور که مشاهده میشود R_{th} به دست آمده در این قسمت معادل R_{th} به دست آمده در مراحل قبل است. اگر اختلافی هم مشاهده میشد علت آن خطای محاسباتی حاصل از دقت کار در محاسبه ی تئوری یا گرد کردن اعداد با توجه به دقت مورد نظر در شبیه ساز میباشد اما علت اصلی درواقع مقاومت درونی منبع تغذیه میباشد که اکنون حذف شده است.

پیش گزارش ۲: در مدار شکل ۴ مقاومت تونن دیده شده از دو سر a و b را محاسبه کنید؟

۴- مدار شکل ۴ را ببندید. مراحل ۱ و ۲ و ۳ را در مورد این شکل مجدداً آزمایش نمائید. مشاهده می‌کنید که در این حالت نتایج آزمایشها خیلی باهم متفاوت است. علت را ذکر کرده و درباره آن توضیح دهید (برای جایگزینی R_{th} در مدار از پتانسیومتر استفاده کنید).



شکل ۴

قسمت شبیه سازی:

چون مقاومت درونی این منبع AC غیر قابل چشم پوشی است ما همراه function یک مقاومت حدود 60 اهم نیز به صورت سری با آن در مدار قرار میدهیم.

چون در این قسمت نوع ولتاژ ما دیگر DC نیست و به صورت AC میباشد پس نوع تحلیل ما هم به تحلیل time domain تغییر میکند.

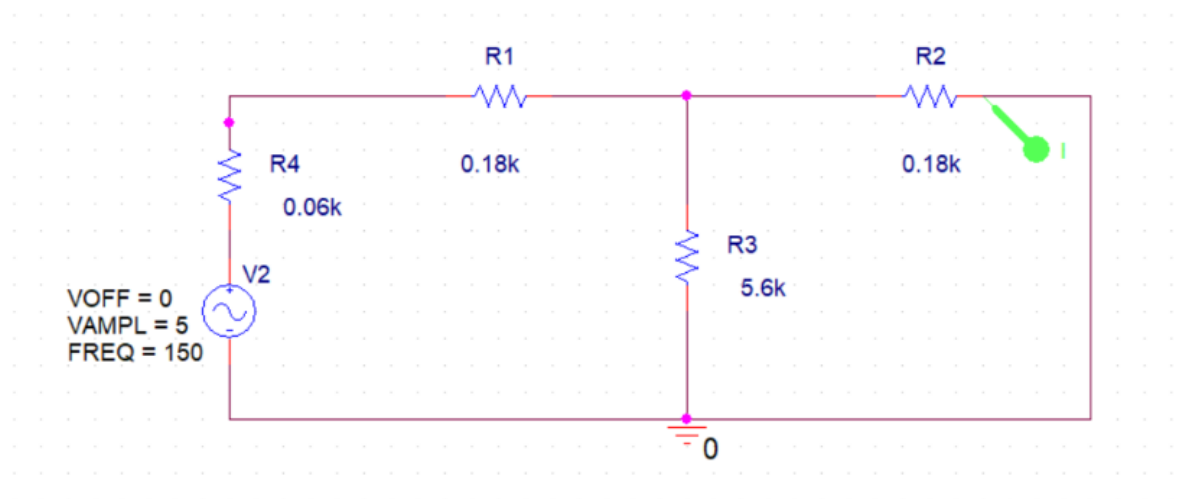
حال برای این منبع ابتدا به تحلیل آن میپردازیم. مقدار V_m برابر 5 میباشد. مقدار فرکانس ما طبق رابطه

$\omega = 2\pi f$ مقدار فرکانس برابر 150 Hz میباشد بنابراین دوره تناوب برابر با 6.6ms میباشد. همچنین مقدار V_{offset} برابر 0 میباشد.

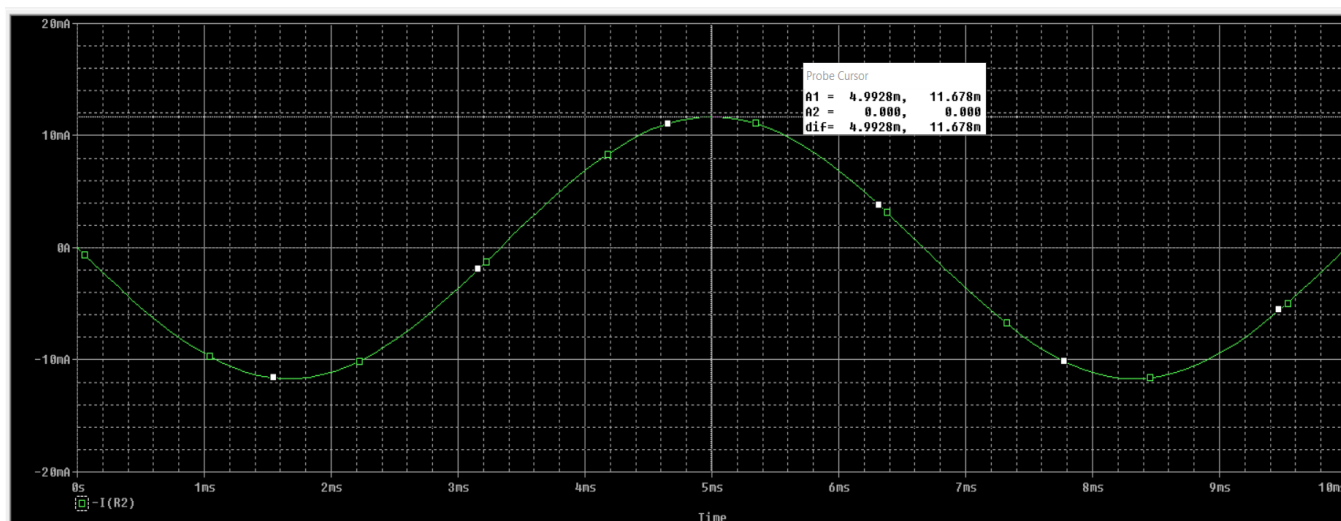
قسمت 1)

مرحله اول) ابتدا دو سر مدار را اتصال کوتاه کرده و با قرار دادن یک probe برای جریان مقدار بیشینه ی آن را از نمودار به دست می آوریم. این مقدار همان I_N میباشد.

بستن مدار به صورت زیر میباشد:



حال نمودار جریان برحسب زمان این نمودار به صورت زیر میباشد:

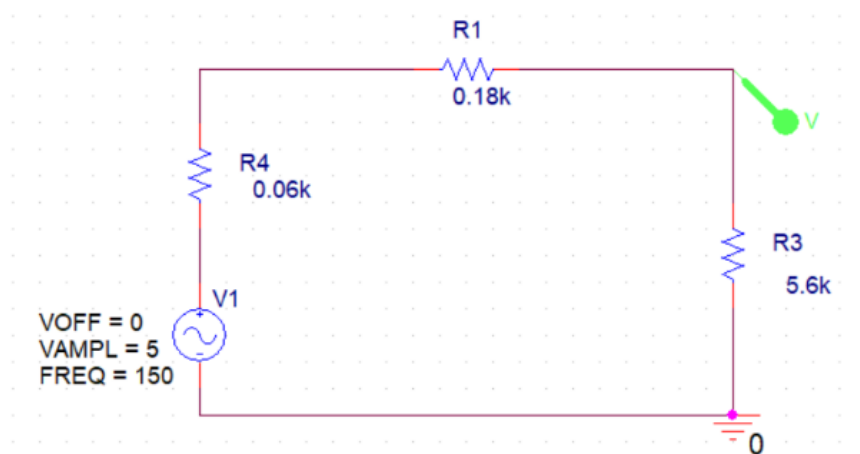


همانطور که مشخص است بیشینه جریان تقریبا برابر با 11.68 mA میباشد. پس داریم:

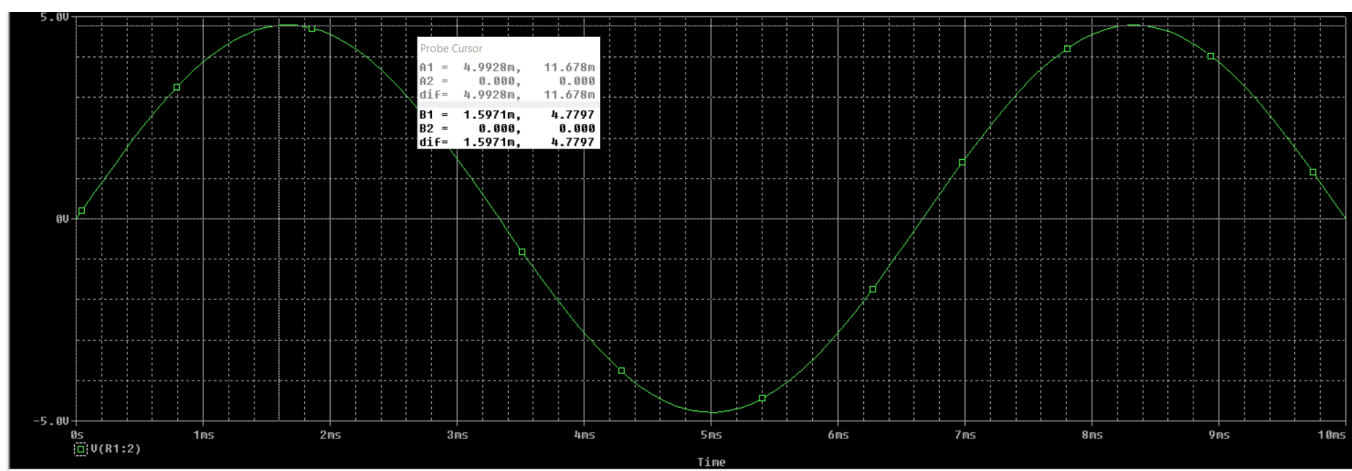
$$I_N = 11.68 \text{ mA}$$

مرحله دوم) در این مرحله مثل سوال 1 دو سر مدار را مدار باز کرده و با قرار دادن یک *probe* برای ولتاژ مقدار ولتاژ را به دست آورده. این مقدار برابر V_{th} می باشد.

بستن مدار به صورت زیر می باشد:



حال نمودار ولتاژ بر حسب زمان به صورت زیر می باشد:



حال همانطور هم که از نمودار مشخص است ولتاژ ماکسیمم نیز برابر 4.8v می باشد که همان V_{th} می باشد. پس داریم:

$$V_{th} = 4.8 \text{ v}$$

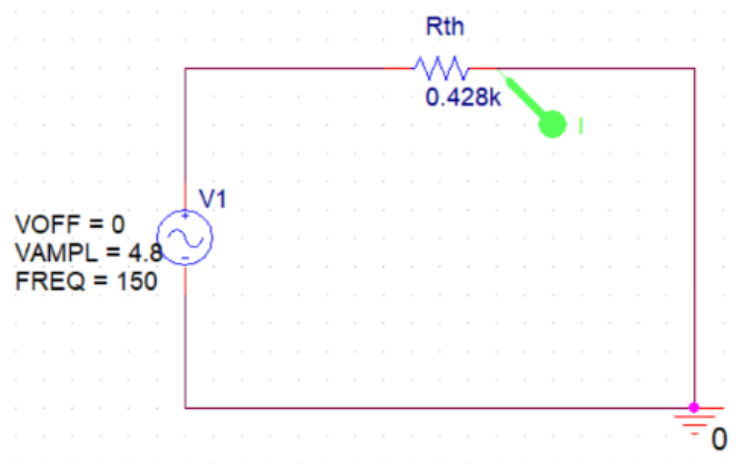
مرحله سوم) حال میتوان به کمک I_N و V_{th} به دست آمده در مراحل قبل طبق فرمول مقدار R_{th} را حساب کرد که به صورت زیر میباشد:

$$R_{th} = \frac{V_{th}}{I_N} = \frac{4.8 \text{ v}}{11.68 \text{ mA}} = 0.41 \text{ k}\Omega$$

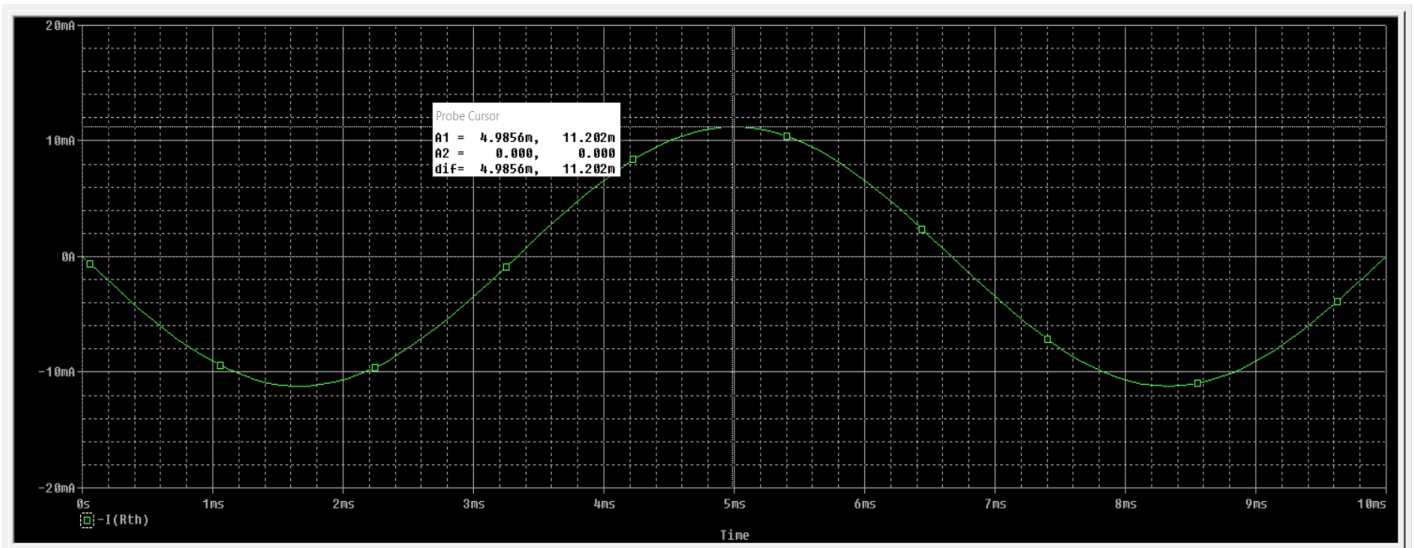
قسمت 2)

حال میخواهیم چک کنیم که آیا مدار تونن با مدار قبلی معادل است یا خیر؟ برای این کار V_{th} به دست آمده در مرحله قبل را جای V_m منبع قرار داده و بقیه مشخصات منبع مانند قبل میباشد. همچنین R_{th} را نیز در مدار قرار میدهیم. سپس مقدار جریان را اندازه میگیریم.

بستن مدار به شکل زیر میباشد:



نمودار جریان بر حسب زمان آن نیز به این صورت میباشد:



همانطور که از نمودار مشخص میباشد بیشینه جریان برابر 11.2 mA میباشد. (لازم به ذکر است که این اختلاف جزئی به علت گرد کردن اعداد در برخی قسمت ها اتفاق افتاد.)
بنابراین چون چون جریان گذرنده برابر با حالت قبل شد پس این دو مدار معادل اند.

قسمت سوم)

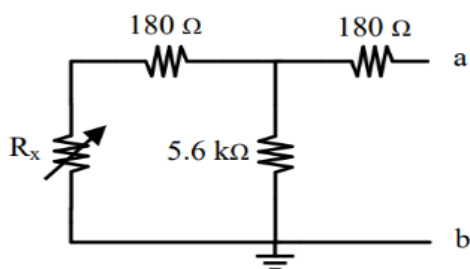
در این قسمت برای به دست آوردن R_{th} منبع مستقل را 0 کرده (مقاومت درونی هم که برای آن در نظر گرفتیم نیز حذف میشود) و سپس مقاومت معادل مدار را حساب میکنیم.

$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{0.18 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{5.6 \text{ k}\Omega} = 5.73 \text{ k}\Omega^{-1} \rightarrow R_{eq1} = 0.174 \text{ k}\Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + R_{eq1} = 0.18 \text{ k}\Omega + 0.174 \text{ k}\Omega = 0.354 \text{ k}\Omega$$

علت این اختلاف آن است که در مراحل قبل مقدار مقاومت منابع درونی DC خیلی کم است و تاثیر آن چنانی در R_{th} ندارد ولی در این قسمت ما یک منبع function generator داریم و موج سینوسی تولید میکند. این منابع یک مقاومت درونی به مدار اضافه میکند که در R_{th} نیز تاثیر میگذارد.

۵- مدار شکل ۵ را ببندید. برای پیدا کردن مقاومت داخلی منبع تغذیه AC مقاومت R_x را آنقدر تغییر دهید تا مقاومت دو نقطه a و b دقیقاً برابر R_{th} (حالت ۴) شود. سپس R_x را با اهمتر اندازه‌گیری کرده و در مورد آن مختصراً توضیح دهید.



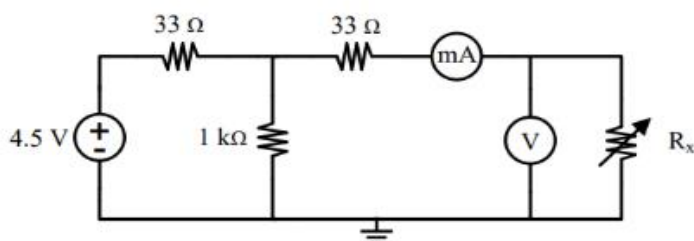
شکل ۵

در این مرحله چون داخل شبیه ساز ما اهم متر نداریم قابل انجام نیست اما روند کار به این صورت بود که ما در مراحل 1 و 2 سوال قبل یک R_{th} به دست می آوردیم که داخل آن مقاومت درونی منبع جریان متناوب نیز در نظر گرفته شده بود. در قسمت 3 سوال قبل متوجه شدیم که اگر بخواهیم منبع ولتاژ مستقل را حذف کنیم دیگر مقدار مقاومت معادل مدار برابر با R_{th} به دست آمده از مراحل قبل نخواهد بود. حال در این جا این پتانسیومتر نقش مقاومت درونی منبع را دارد و ما مقدار آن را آنقدر تغییر میدهیم تا اهم متر متصل در a و b مقدار مقاومت تونن حالت اول را نشان دهد. در این صورت مقدار پتانسیومتر برابر مقاومت درونی منبع خواهد بود. (همانطور هم که حساب کردیم در مثال قبل بدون در نظر گرفتن این مقاومت مقدار مقاومت معادل با مقاومت تونن مراحل قبل فرق داشت.)

پیش گزارش ۳: در مدار شکل ۶ به ازای چه مقاومتی از R_x حداکثر توان به این مقاومت انتقال خواهد یافت؟

۶- (قضیه انتقال حداکثر توان): مدار شکل ۶ را ببندید. با تغییر مقاومت R_x مقدار جریان عبوری از آن و ولتاژ دو سرش را بخوانید (مقادیر ولتاژها را در جدول زیر یادداشت کنید) سپس مقدار توان جذب شده را در هر حالت محاسبه کنید.

مقادیر مقاومت در هر حالت را از تقسیم ولتاژ به جریان مربوطه محاسبه نمایید و مقدار مقاومتی که به ازای آن توان جذب شده به مقدار ماکزیمم رسیده است را پیدا کنید. منحنی $P=f(R_x)$ را رسم نموده، مقاومتی را که به ازای آن مقدار توان ماکزیمم شده است از روی منحنی پیدا کنید. سپس نتیجه فوق را با نتیجه بدست آمده در پیش گزارش ۳ مقایسه نمایید. در صورتی که اختلافی مشاهده می کنید دلیل آن را ذکر کنید.



شکل ۶

هدف این قسمت نشان دادن این موضوع میباشد که توان بیشینه زمانی به R_x منتقل میشود که مقدار آن با مقدار مقاومت تونن مدار معادل آن برابر باشد. پس ابتدا به صورت دستی مقاومت تونن را حساب میکنیم. برای این کار منبع مستقل را حذف کرده و مقدار مقاومت معادل را به دست می آوریم:

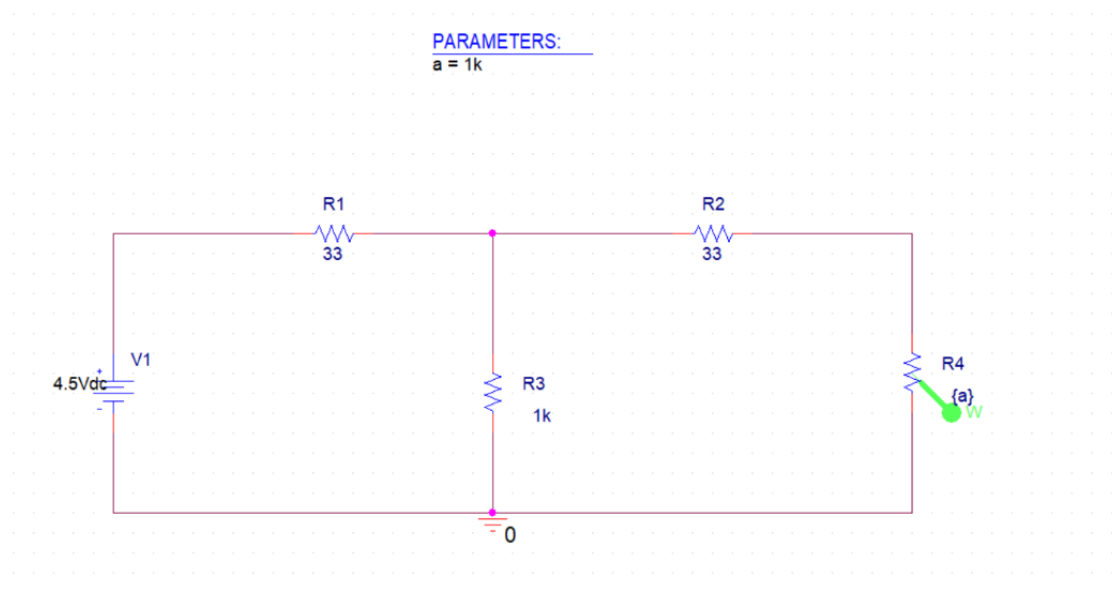
$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{0.033k\Omega} + \frac{1}{1k\Omega} = 31.3 k\Omega^{-1} \rightarrow R_{eq1} = 0.031k\Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + R_{eq1} = 0.033 k\Omega + 0.031 k\Omega = 0.064 k\Omega$$

بنابراین مقدار مقاومت تونن برابر 0.064 اهم میباشد.

برای شبیه سازی از DC swip استفاده میکنیم.

شبیه سازی مدار به صورت زیر است:



همانطور که در شکل زیر مشاهده میشود بیشیه توان در جایی که مقاومت R4 برابر با $0.064\text{ k}\Omega$ میباشد اتفاق می افتد . پس قضیه ی انتقال حداکثر توان برقرار است:

