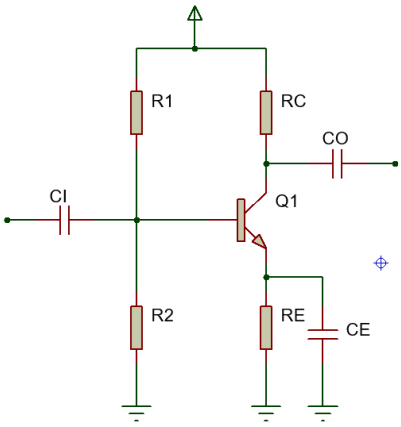
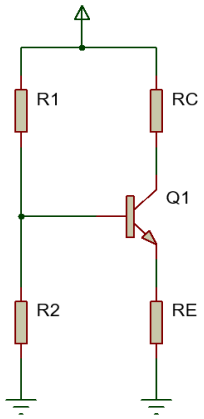
محاسبه مدار معادل تونن تقویت کننده ترانزیستوری



برای آنکه ترانزیستور به عنوان تقویت کننده، درست عمل کند و در سیگنال ورودی اعوجاج به وجود نیاورد، باید به طور صحیح تغذیه شود. تغذیه ناکافی یا تغذیه بیش ازحد، ممکن است در سیگنال خروجی تأثیر بگذارد و در شکل موج تغییر جزئی (اعوجاج)به وجود آورد.

تغذیه بیش ازحد موجب اتلاف توان می شود و بازده تقویت کننده را پایین می آورد. بنابراین ترانزیستور، جهت تأمین بایاس DC لازم است که نقطه کار مناسب همواره ثابت باقی بماند.

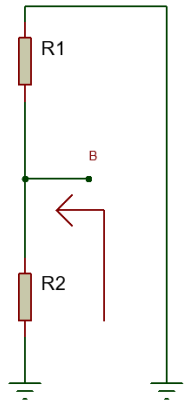
محاسبه مدار معادل تونن در بایاس سرخود برای تعیین مقادیر مقاومت ها



ابتدا معادل تونن ورودی مدار را با توجه به مدار به دست می آوریم.

برای بدست آوردن Rth منبع تغذیه را اتصال کوتاه کرده و Rth را ازدید نقطه B بدست می آوریم.

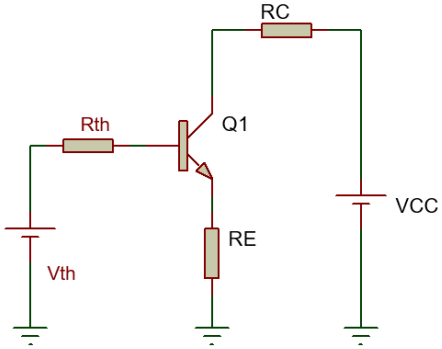
$$Rth = R_1 \parallel R_2 \Rightarrow Rth = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$



مقدار ولتاژ تونن برابر با ولتاژ دو سر R2 است که از رابطه زیر بدست می آید.

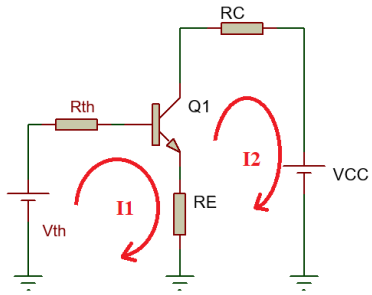
$$Vth = Vcc \times \frac{R_2}{R_1 \times R_2}$$

با توجه به محاسبات انجام شده، مدار معادل تونن بایاس سرخود به صورت مدار شکل زیر به دست می آید.



Email: e.c.taheri@gmail.com

با نوشتن معادله حلقه I1 و حلقه I2 در مدار زیر می توان جریان و ولتاژ هریک از پایه های ترانزیستور را بدست آورد.

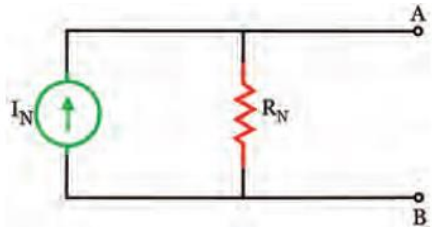


$$۱ \quad -Vth + Rth \times I1 + VBE + RE \times (I1 - I2) = 0$$

$$۲ \quad RE \times (I2 - I1) - VCE + RC \times I2 + VCC = 0$$

تحلیل مدارهای الکتریکی به روش نورتن

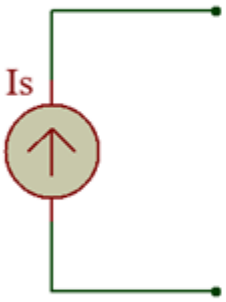
روش نورتن نیز مانند روش تونن، در تحلیل مدارهای الکتریکی به کار می رود. مانند مدار معادل تونن، در مدار معادل نورتن نیز هدف فقط بررسی کمیت های الکتریکی یکی از عناصر مدار است. در روش نورتن، تمام عناصر موجود در مدار، از دو سر بار به صورت یک منبع جریان واقعی معادل سازی می شود که مدار حاصل را مدار معادل نورتن می نامند. در شکل زیر مدار معادل نورتن را مشاهده می کنید.

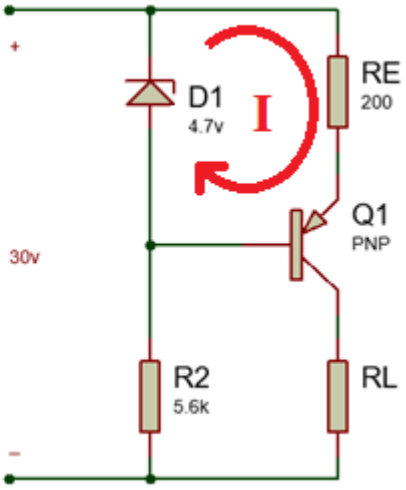


IN جریان نورتن، جریان اتصال کوتاه بین دو نقطه ای است که بار در آنجا از مدار باز شده است در مدار معادل نورتن این جریان را جریان اتصال کوتاه مدار نیز می نامند.

RN مقاومت معادل نورتن ، مقاومت معادل کل مدار از دو نقطه ای است که بار در آنجا از مدار باز شده است و تمام منابع بی اثر شده اند. در واقع مقاومت معادل تونن و مقاومت معادل نورتن با هم برابرند.

مدار منبع جریان با ترانزیستور





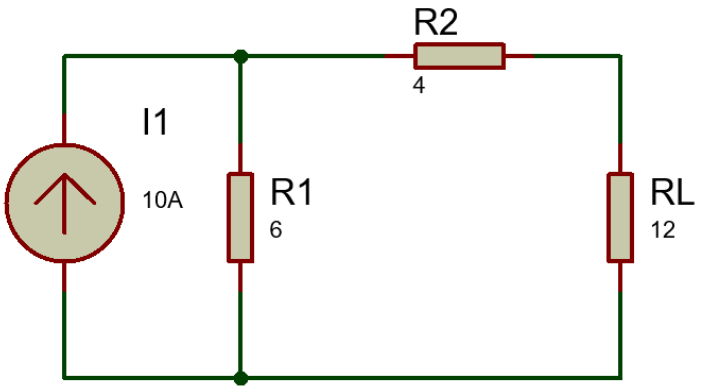
Email: e.c.taheri@gmail.com

مثال ۱: جریان RL در مدار شکل صفحه قبل را محاسبه کنید.

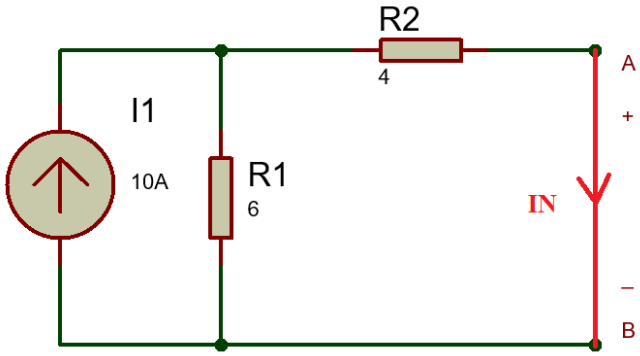
$$-Vz + RE \times IE + VBE = 0 \Rightarrow IE = \frac{Vz - VBE}{RE} = \frac{4.7 - 0.7}{200} = \frac{4}{200} = 0.02A$$

Vz و RE و VBE مقدار ثابتی هستند بنابراین مقدار جریان IE که تقریبا برابر با IC است، مقدار ثابتی خواهد بود.

مثال ۲: در مدار شکل زیر توان مقاومت RL را با استفاده از مدار معادل تونن بدست آورید.



مقاومت بار RL را از مدار جدا می کنیم و محل اتصال مقاومت بار را اتصال کوتاه می کنیم.



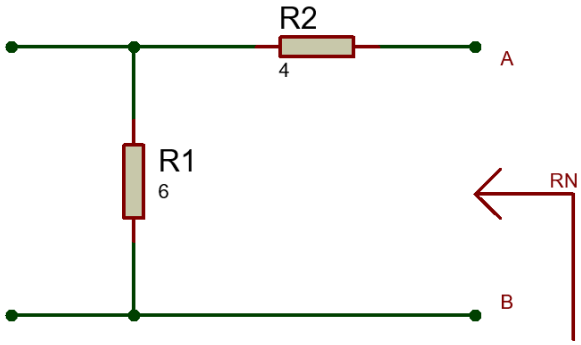
مقدار جریان نورتن (IN) را بدست می آوریم.

جریان 10A به دو شاخه تقسیم می شود بنابراین از فرمول تقسیم جریان برای بدست آوردن جریان نورتن استفاده می کنیم.

$$IN = 10 \times \frac{6}{4+6} = \frac{60}{10} = 6A$$

برای بدست آوردن مقاومت معادل نورتن RN ، منابع بی اثر می شوند یعنی منبع ولتاژ اتصال کوتاه و منبع جریان مدار باز می شوند بعد از دید نقطه A,B مقاومت معادل را بدست می آوریم.

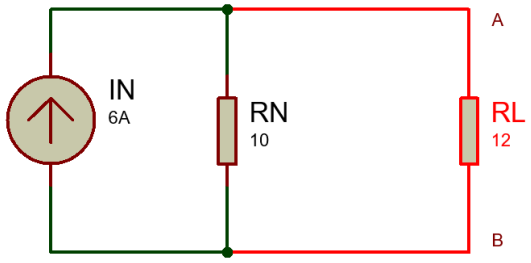
Email: e.c.taheri@gmail.com



$$RN = R1 + R2 = 6 + 4 = 10\Omega$$

مدار معادل نورتن را رسم کرده و مقاومت بار RL را به دو نقطه A,B اتصال می دهیم.

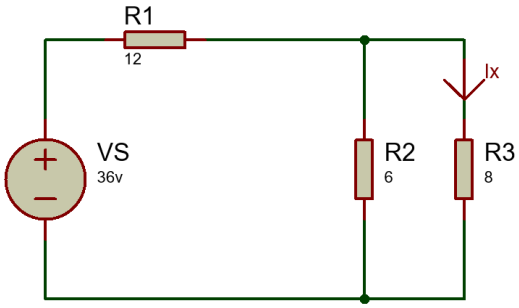
مقدار جریان بار را از فرمول تقسیم جریان بدست آورده و توان مقاومت بار را محاسبه می کنیم.



$$IL = IN \times \frac{RN}{RN + RL} = 6 \times \frac{10}{10 + 12} = \frac{60}{22} = 2.72A$$

با قرار دادن هر مقدار مقاومت RL بین دو پایانه A و B بدون نیاز به اجرای محاسبات برای جزئیات مدار می توانید جریان بار را با استفاده از یک تقسیم جریان ساده به دست آورید.

تمرین ۱: در مدار شکل زیر جریان IX را با استفاده از مدار معادل نورتن بدست آورید.

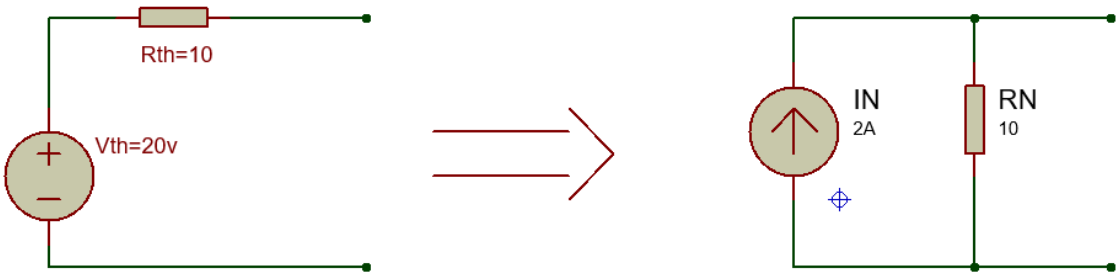


تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یکدیگر

در تحلیل مدارهای الکتریکی مواردی پیش می آید که با تبدیل مدار معادل تونن به معادل نورتن یا به عکس، تحلیل مدار ساده تر انجام می شود. در این حالت باید مراقب باشیم با جایگزینی منابع، هیچ یک از کمیت های الکتریکی مورد بررسی، در مدار حذف نشود.

Email: e.c.taheri@gmail.com

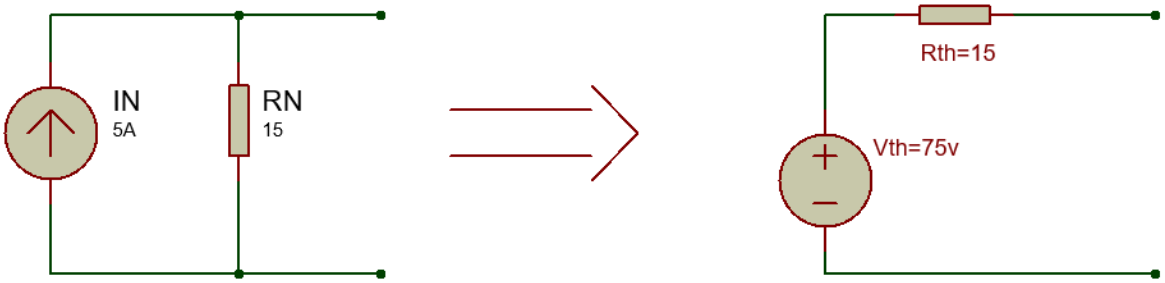
تبدیل تونن به نورتن:



$$IN = \frac{Vth}{Rth} = \frac{20}{10} = 2A$$

$$RN = Rth = 10\Omega$$

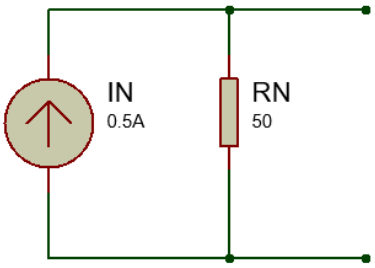
تبدیل نورتن به تونن:



$$Vth = IN \times RN = 5 \times 15 = 75V$$

$$Rth = RN = 15\Omega$$

تمرین۲: منبع ولتاژ معادل منبع جریان شکل زیر را به دست آورید.



تطابق در مدارهای تقویت کننده

یکی از مسائلی که در مدارهای الکتریکی مطرح می شود، این است که در چه شرایطی می توان ماکزیمم توان ممکن را به بار منتقل کرد. از آنجا که منابع تغذیه دارای مقاومت داخلی هستند، تمامی توانی را که تولید می کنند به بار نمی رسد. انتقال ماکزیمم توان ممکن به بار را تطابق می گویند.

اگر مقاومت بار صفر باشد، یعنی اتصال کوتاه شود چون ولتاژ دو سر خروجی صفر می شود توان بار نیز نیز صفر خواهد بود. از طرفی، اگر مقاومت بار بی نهایت باشد، به دلیل صفر بودن جریان، توان نیز صفر می شود.

در بین دو حالتی که توان صفر می شود، حالتی وجود دارد که توان مصرف کننده به بیشترین مقدار می رسد. محاسبه ها نشان می دهند ، زمانی ماکزیمم توان به بار یا مصرف کننده منتقل می شود که مقاومت بار با مقاومت داخلی منبع تغذیه برابر باشد.

Email: e.c.taheri@gmail.com

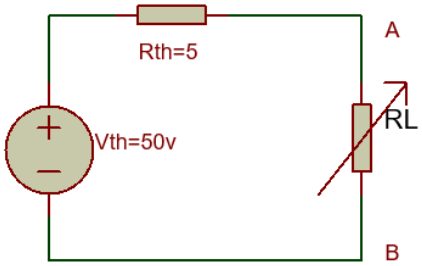
اگر مدار دارای عناصر زیادی باشد، می توان با به دست آوردن مدار معادل تونن یا نورتن از دیدگاه دوسربار، تمامی مدار را به صورت یک منبع ولتاژ یا جریان واقعی نشان داد. در این صورت، می توان گفت زمانی ماکزیمم توان به بار منتقل می شود که مقاومت بار با مقاومت معادل تونن یا نورتن مدار برابر باشد.

شرط انتقال بیشترین توان به بار $\Leftarrow$ RL = Rth = RN

فرمول حداکثر توان:

$$P_{L\,max} = \frac{Vth^2}{4RL}$$

مثال۳: ماکزیمم توان انتقالی به بار را در شکل زیر به دست آورید.

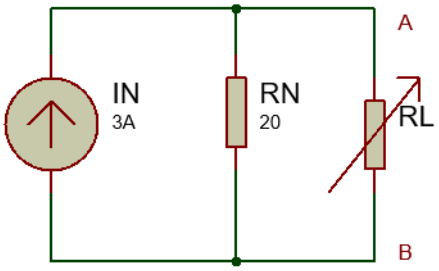


برای انتقال حداکثر توان به بار مقدار بار را برابر Rth قرار می دهیم و از فرمول زیر مقدار حداکثر توان را بدست می آوریم.

RL=Rth=5Ω

$$P_{L\,max} = \frac{Vth^2}{4RL} = \frac{50^2}{4 \times 5} = \frac{2500}{20} = 125W$$

تمرین۳: ماکزیمم توان انتقالی به بار را در شکل زیر به دست آورید(از تبدیل منابع استفاده کنید).



این تمرین ها و تمرین های صفحه ۱۸۳ کتاب را حل کرده و به ایمیل زیر ارسال نمایید.

Email: e.c.taheri@gmail.com

Email: e.c.taheri@gmail.com