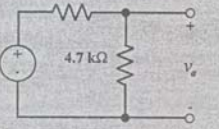
کاربردهای عملی

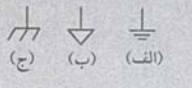
این زمین غیر جغرافیایی

تا بدینجا، ما شماتیک مدارها را مشابه شکل ۳ـ۳۸ ترسیم می‌کردیم، و در آن ولتاژها در دو سر دو پایانه مشخص تعریف می‌شدند. سعی شد از تعریف ولتاژ در یک نقطه جلوگیری شود. دلیل آن هم تعریف اختلاف پتانسیل بین دو نقطه بود. با این وجود، بسیاری از نمودارها از قرارداد تعریف ولتاژ زمین صفر ولت استفاده می‌کنند، به این ترتیب که همه ولتاژهای دیگر نسبت به آن سنجیده می‌شود. این مفهوم که **زمین**[1] خوانده شده اساساً به قوانین حفاظت برای ممانعت از آتش‌سوزی، شوک‌های الکتریکی مخرّب و عوارض مربوطه گره‌خورده است. علامت اتصال زمین در شکل ۳ـ۳۹ (الف) مشاهده می‌شود.

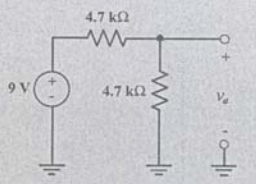
چون اتصال زمین به‌عنوان مرجع صفر ولت تعریف شده است، غالباً استفاده از آن به‌عنوان پایانه مشترک رایج است. مدار شکل ۳ـ۳۸ بر اساس این روش در شکل ۳ـ۴۰ دوباره ترسیم شده و در آن اتصال زمین با یک گره مشترک نشان داده شده است. توجه داشته باشید که هر دو مدار به لحاظ مقدار v_a یکی هستند (4.5V) در هر یک از آن‌ها) ولی در واقع آن‌ها مدار یکسانی نیستند. مدار شکل ۳ـ۳۸ را "شناور" گوییم به این علت که می‌تواند برای هر هدفی عملی، در یک مدار حتی روی یک ماهواره نصب گردد. با این وجود مدار شکل ۳ـ۴۰ بنحوی به‌طور فیزیکی از طریق یک مسیر اتصال به زمین وصل شده است. به این علت دو سمبل دیگر نیز گاهاً برای بیان یک پایانه مشترک به‌کارمی‌رود. شکل ۳ـ۳۹ (ب) آن‌چه را که به‌نام **زمین سیگنال**[2] خوانده می‌شود، نشان می‌دهد. غالباً ولتاژ قابل توجهی بین اتصال زمین و هر پایانه زمین سیگنال می‌تواند وجود داشته باشد (و دارد). این‌که پایانه مشترک یک مدار ممکن‌است به بعضی مسیرهای کم مقاومت به صفر زمین وصل باشد یا نباشد، منجر به ایجاد وضعیت خطرناک پتانسیلی می‌گردد. نمودار شکل ۳ـ۴۱ (الف) را ملاحظه نمایید، که در آن یک شخص بی‌گناه می‌خواهد دستگاهی را که به برق ac وصل است لمس کند. برای سوکت روی دیوار تنها دو سیم درنظرگرفته شده است و سیم سوم آزاد رها شده است. ترمینال مشترک هر مدار در دستگاه به‌هم وصل و جمعاً به شاسی دستگاه



شکل ۳ـ۳۸ مدار ساده‌شده با ولتاژ v_a بین دو پایانه.



شکل ۳ـ۳۹ سه سمبل متفاوت برای نمایش اتصال زمین یا پایانه مشترک. (الف) زمین، (ب) زمین سیگنال و (ج) زمین شاسی.



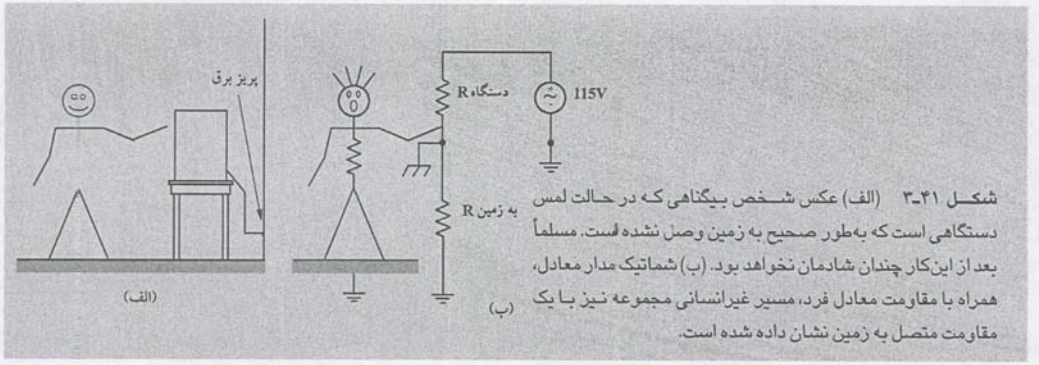
شکل ۳ـ۴۰ مدار شکل ۳ـ۳۸ با سمبل زمین دوباره رسم شده است. سمبل زمین سمت راست اضافی است. این علامت فقط برای نام‌گذاری پایانهٔ مثبت و منفی v_a لازم است.

متصل شده‌اند. این پایانه اغلب با سمبل **زمین شاسی** شکل ۳ـ۳۹ (ج) نشان داده می‌شود. با این وجود، اتصال الکتریکی به زمین یک مقاومت غیرصفری را می‌سازد. در هر حالت، دلیلی وجود ندارد که زمین شاسی در سطح ولتاژ زمین باشد. یک شبه‌نمودار از آن‌چه که بیان شد در شکل ۳ـ۴۱ (ب) دیده می‌شود (در این شکل مقاومت معادل فرد نیز در بدن او کشیده شده است). اگر مقاومت معادل فرد به مقدار قابل توجهی از دیگر مقاومت‌های واقع در مسیر زمین کمتر باشد، ... اجازه بدهید که دیگر بیش از این سخن نگوییم که چه اتفاقی در پایان افتاده است.

این واقعیت که "زمین" همیشه "زمین واقعی" نیست می‌تواند موجب ظهور مشکلات عدیده ناشی از پارازیت‌های الکتریکی گردد. مثالی از این گونه مشکلات گاهی در ساختمان‌های قدیمی دیده می‌شود، که در آن‌ها لوله‌های آب از مس ساخته می‌شوند. در این ساختمان‌ها، از لوله‌های آب به‌عنوان مسیرهای کم مقاومت به زمین در بسیاری از ارتباطات برقی استفاده می‌شود. با این وجود، اگر این لوله‌ها با لوله‌های مدرن‌تر و لوله‌های عایق PVC جایگزین شوند، دیگر مسیر کم‌مقاومت وجود ندارد. در محل‌هایی هم که ترکیب زمین از نقطه‌ای به نقطه دیگر خیلی متفاوت است مشکل مشابهی مشاهده می‌شود. در واقع، در چنین مواردی ممکن‌است بین دو ساختمان زمین یکسانی نباشد و درنتیجه جریانی بین آن‌ها جاری شود.

در این کتاب، سمبل صفر زمین به کاربرده خواهد شد. با این وجود، باید به‌خاطر داشت که همه زمین‌ها در عمل یکسان نیستند.

1. earth ground 2. signal ground



شکل ۳ـ۴۱ (الف) عکس شخص بیگناهی که در حالت لمس دستگاهی است که به‌طور صحیح به زمین وصل نشده است. مسلماً بعد از این‌کار چندان شادمان نخواهد بود. (ب) شماتیک مدار معادل، همراه با مقاومت معادل فرد، مسیر غیرانسانی مجموعه نیز با یک مقاومت متصل به زمین نشان داده شده است.

۳ـ۱۰ خواندنی‌های کمکی

A discussion of the principles of conservation of energy and conservation of charge, as well as Kirchhoff's laws, can be found in

R. Feynman, R. B. Leighton, and M. L. Sands, *The Feynman Lectures on Physics.* Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1989, pp. 4-1, 4-7, and 25-9.

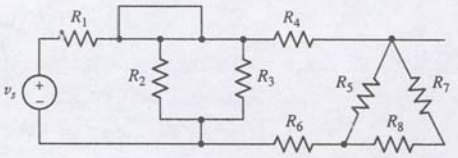
A very detailed discussion of grounding practices consistent with the 1996 National Electrical Code® can be found in

J. F. McPartland and B. J. McPartland, *McGraw-Hill's National Electrical Code® Handbook,* 22nd ed. New York: McGraw-Hill, 1996, pp. 337–485.

مسائل

۱ـ۳ گره‌ها، حلقه‌ها، مسیرها و شاخه‌ها

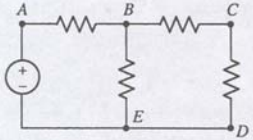
۱. مدار شکل ۳ـ۴۲ را دوباره بکشید. تعداد گره‌ها را به حداقل برسانید.



شکل ۳ـ۴۲

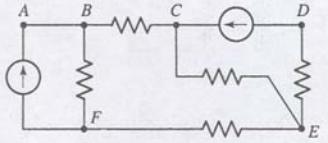
۲. در مدار شکل ۳ـ۴۲، تعداد (الف) گره‌ها، (ب) تعداد شاخه‌ها را بشمارید.

۳. در شکل ۳ـ۴۳، (الف) چند گره وجود دارد؟ (ب) چند شاخه موجود است؟ و (ج) اگر از A به B به E به D به C و به B برویم، آیا یک مسیر ساخته‌ایم؟ یا یک حلقه؟



شکل ۳ـ۴۳

۴. در شکل ۳ـ۴۴، (الف) چند گره وجود دارد؟ (ب) چند شاخه وجود دارد؟ و (ج) اگر از B به F به E و به C حرکت کنیم، آیا یک مسیر را طی کرده‌ایم؟ یا یک حلقه را؟



شکل ۳ـ۴۴

۵. با مراجعه به مدار شکل ۳ـ۴۳:

الف. اگر یک سیم ثانوی بین نقاط E و D از مدار وصل شود. مدار جدید چند گره دارد؟

ب. اگر یک مقاومت به مدار اضافه شود به نحوی که یک پایانه به نقطه C وصل شود و پایانه دیگر آزاد شود، مدار چند گره دارد؟

ج. کدام‌یک از موارد زیر حلقه‌ها را نشان می‌دهد؟

۱. حرکت از نقطه A به B به C به D به E به A

۲. حرکت از B به E به A

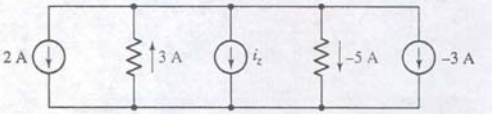
۳. حرکت از B به C به D به E به B

۴. حرکت از A به B به C

۵. حرکت از A به B به C به B به A

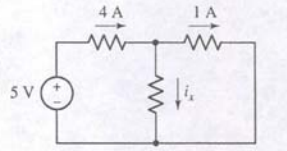
۳-۲ قانون جریان کیرشهف

۶. (الف) جریان i_z در مدار شکل ۳-۴۵ را معین کنید. (ب) اگر مقاومت حمل‌کننده 3A، برابر 1Ω باشد، مقاومتی که جریان 5A- را حمل می‌کند چقدر است؟

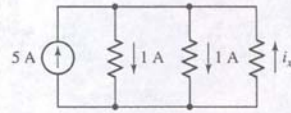


شکل ۳-۴۵

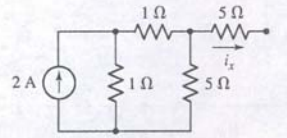
۷. در هر یک از مدارهای شکل ۳-۴۶، جریان i_x را بیابید.



(الف)



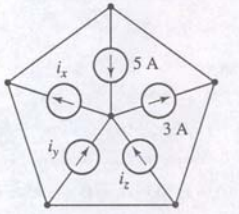
(ب)



(ج)

شکل ۳-۴۶

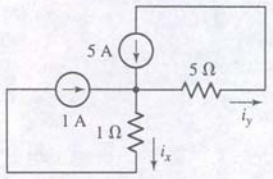
۸. به شکل ۳-۴۷ مراجعه کنید. (الف) اگر $i_y = 2A$ و $i_z = 0A$ باشد، i_x را پیدا کنید. (ب) اگر $i_x = 2A$، $i_z = 2i_y$ و i_y را به‌دست آورید. (ج) اگر $i_x = i_y = i_z$ باشد، i_z را به‌دست آورید.



شکل ۳-۴۷

۹. i_x و i_y را در مدار شکل ۳-۴۸ بیابید.

۱۰. یک لامپ حبابی 100 W، یک لامپ 60 W و یک لامپ 40 W با هم به‌طور موازی بسته شده‌اند و جمعاً به ولتاژ منبع 115 V وصل شده‌اند. جریان در هر لامپ و جریان کل از منبع را بدست آورید.



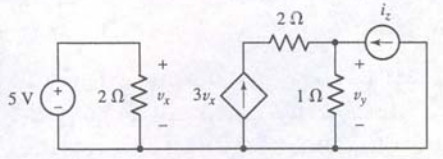
شکل ۳-۴۸

۱۱. یک مولتی‌متر دیجیتال (DMM) وسیله‌ای است که عموماً برای اندازه‌گیری ولتاژها به‌کار می‌رود. این وسیله مجهز به دو سیم (معمولاً قرمز برای مرجع مثبت و سیاه برای مرجع منفی) و یک نمایشگر LCD است. بیایید فرض کنید که یک DMM به مدار شکل ۳-۴۶ (ب) چنان وصل شده که سیم مثبت در گره بالا و سیم منفی در گره پایین باشد. با استفاده از KCL توضیح دهید که چرا به‌طور ایده‌آل می‌خواهیم DMM به‌کار رفته دارای مقاومت بینهایت در برابر مقاومت صفر باشد؟

۱۲. یک رستوران محلی دارای تابلوی نئون ساخته‌شده از 12 لامپ جداگانه است؛ وقتی که لامپ خراب شود، مقاومت بینهایت داشته و جریانی نخواهد بود. در سیم‌کشی تابلو سازنده دو راه را پیشنهاد نموده است (شکل ۳-۴۹). از کدام‌یک KCL را می‌آموزید، مالک رستوران کدام‌یک را باید انتخاب کند؟ توضیح دهید.

شکل ۳-۴۹

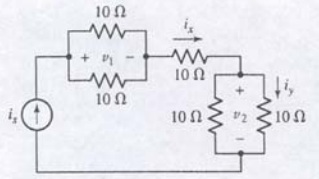
۱۳. در مدار شکل ۳-۵۰، (الف) اگر $i_z = -3A$ باشد، v_y را محاسبه کنید. (ب) منبع 5V را با چه ولتاژی جایگزین کنیم تا در $i_z = 0.5A$، ولتاژ $v_y = -6V$ به‌دست آید؟



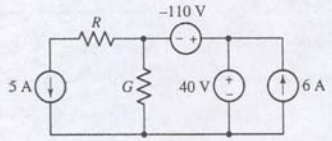
شکل ۳-۵۰

۱۴. با توجه به شکل ۳-۵۱، (الف) اگر $i_x = 5A$ باشد v_1 و i_y را بیابید. (ب) اگر $v_1 = 3V$ باشد، i_x و i_y را پیدا کنید. (ج) چه مقداری از i_s منجر به $v_1 \neq v_2$ می‌گردد؟

۱۵. R و G را در مدار شکل ۳-۵۱ (ب) به‌دست آورید. با این فرض که منبع 5A، توان 100W و منبع 40V توان 500W را تولید کند.



(الف)

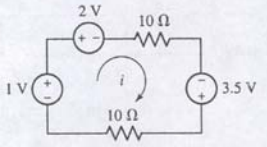


(ب)

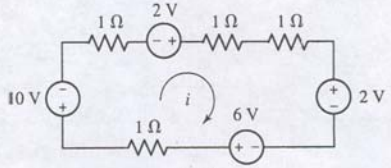
شکل ۳-۵۱

۳-۳ قانون ولتاژ کیرشهف

۱۶. در مدار شکل ۳-۵۲ (الف) و (ب) جریان i را معین نمایید.



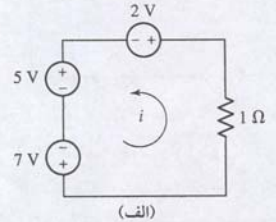
(الف)



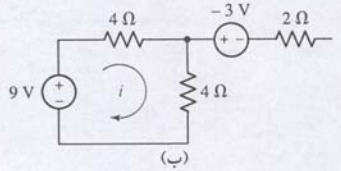
(ب)

شکل ۳-۵۲

۱۷. مقدار i را در هر یک از مدارهای شکل ۳-۵۳ محاسبه نمایید.



(الف)

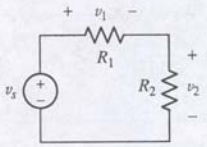


(ب)

شکل ۳-۵۳

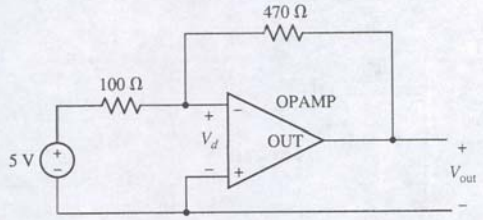
۱۸. مدار ساده شکل ۳-۵۴ را ملاحظه نمایید. با KVL، عبارات زیر را به دست آورید:

$$v_2 = v_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} \text{ و } v_1 = v_s \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



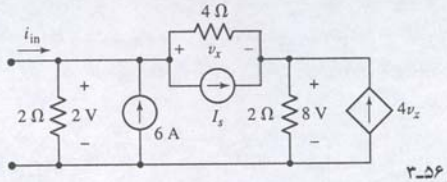
شکل ۳-۵۴

۱۹. مدار شکل ۳-۵۵ شامل یک وسیله به نام op-amp (تقویت‌کننده عملیاتی) است. این وسیله دو خاصیت غیرعادی دارد که در مدار نشان داده شده است: (۱) $V_d = 0$ V و (۲) هیچ جریانی نمی‌تواند از هر یک از پایانه‌ها داخل شود (با علامت "−" و "+" در داخل نماد)، ولی می‌تواند از خروجی جریان یابد (با "out" علامت خورده است). این وضعیت به ظاهر ناممکن ـ که در تقابل مستقیم با KCL است ـ نتیجه سیم‌های انرژی است که در شکل نشان داده نشده است. بر اساس این اطلاعات، V_{out} را محاسبه کنید (راهنمایی: دو معادله KVL لازم است، هر دو منبع 5 V را شامل می‌شوند).



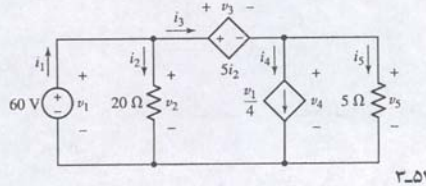
شکل ۳-۵۵

۲۰. قوانین اهم و کیرشهف را در شکل ۳-۵۶ برای یافتن (الف) v_x، (ب) i_{in} و (ج) I_s، به‌کاربرید. (د) توان تهیه‌شده به‌وسیله منبع وابسته چقدر است؟



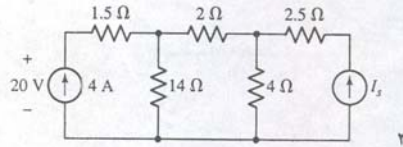
شکل ۳-۵۶

۲۱. (الف) با به‌کارگیری گام‌به‌گام قوانین اهم و کیرشهف، همه جریان‌ها و ولتاژها را در مدار شکل ۳-۵۷ به‌دست آورید. (ب) توان جذب‌شده به‌وسیله هر پنج عنصر مدار را محاسبه کنید و نشان دهید که مجموع آن‌ها صفر است.



شکل ۳-۵۷

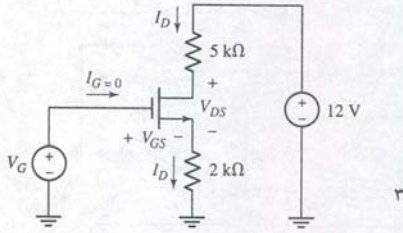
۲۲. با مراجعه به شکل ۳.۵۸، توان جذب‌شده به وسیله هر هفت عنصر مدار را معین کنید.



شکل ۳ـ۵۸

۲۳. مداری دارای شش عنصر و چهار گره با شماره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ است. هر عنصر مدار بین دو گره واقع است. ولتاژ v_{12} (مرجع در اولین گره) برابر 12V و v_{34} = -8V است. اگر v_{14} برابر (الف) 0، (ب) 6V و (ج) -6V باشد، مقادیر v_{13}، v_{23} و v_{24} را بیابید.

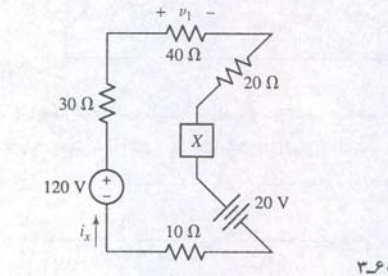
۲۴. به مدار ترانزیستوری شکل ۳.۵۹ مراجعه کنید. به‌خاطر بسپارید که گرچه روابط ولتاژ ـ جریان آن‌را نمی‌دانیم ولی از KCL و KVL تبعیت می‌کنند. (الف) اگر I_D = 1.5mA باشد V_{DS} را محاسبه کنید. (ب) اگر I_D = 2mA و V_G = 3V باشد V_{GS} را محاسبه نمایید.



شکل ۳ـ۵۹

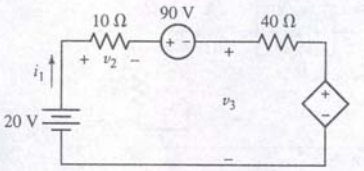
۳ـ۴ مدار یک‌حلقه‌ای

۲۵. توان جذب‌شده با عنصر X در شکل ۳.۶۰ را (الف) با مقاومت 100Ω، (ب) با منبع ولتاژ مستقل 40V و علامت + در بالا، (ج) منبع ولتاژ وابسته $25i_x$ و علامت مرجع + در بالا، (د) منبع ولتاژ وابسته $0.8v_1$ و علامت + در بالا، (ه) منبع جریان مستقل، با پیکان جریان رو به بالا، به‌دست‌آورید.



شکل ۳ـ۶۰

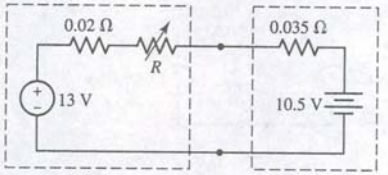
۲۶. i_1 را در مدار شکل ۳.۶۱ بیابید به‌شرطی که منبع ولتاژ وابسته (الف) $2v_2$، (ب) $1.5v_3$ و (ج) $-15i_1$ باشد.



شکل ۳ـ۶۱

۲۷. در شکل ۳.۶۱ منبع وابسته را $1.8v_3$ فرض کنید. اگر (الف) منبع 90V توان 180W را تولید کند، (ب) منبع 90V، توان 180W را جذب نماید، (ج) منبع وابسته 100W را تولید نماید و (د) منبع وابسته 100W را جذب کند، v_3 را بیابید.

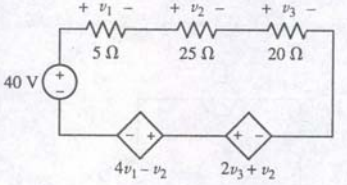
۲۸. برای مدار شارژ باطری شکل ۳.۶۲ مقدار مقاومت قابل تنظیم را پیدا کنید به‌نحوی که (الف) جریان شارژ 4A باشد. (ب) توان 25W به باطری منتقل گردد (10.5V و 0.035Ω). (ج) ولتاژی برابر 11V در پایانه‌های باطری ایجاد شود (10.5V و 0.035Ω).



شکل ۳ـ۶۲

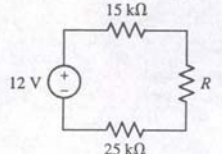
۲۹. مدار شکل ۳.۶۲ با نصب یک منبع ولتاژ وابسته سری با باطری اصلاح‌شده است. مرجع + را در پایین قرار دهید و کنترل را $0.05i$ اختیار نمایید، که i حلقه جریان ساعتگرد است. جریان و ولتاژ باطری را ضمن لحاظ منبع وابسته، اگر R = 0.5Ω باشد، پیدا کنید.

۳۰. توان جذب‌شده به وسیله هر شش عنصر شکل ۳.۶۳ را بیابید.



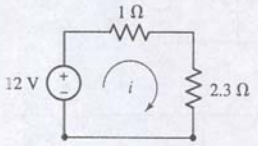
شکل ۳ـ۶۳

۳۱. برای مدار شکل ۳.۶۴، (الف) مقاومت R را طوری تعیین کنید که مقاومت 25kΩ توان 2mV را جذب نماید. (ب) مقاومت R را طوری معین کنید که منبع 12V، توان 3.6mV را به مدار حمل نماید. (ج) مقاومت R را با یک منبع ولتاژ جایگزین نمایید به‌نحوی که هیچ توانی به وسیله مقاومت‌ها جذب نشود. مدار را رسم کنید و پلاریته منبع جدید را مشخص کنید.



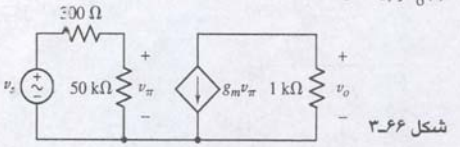
شکل ۳ـ۶۴

۳۲. با ارجاع به جدول ۲.۴، اگر قطعه سیم تحتانی در مدار شکل ۳.۶۵ از نوع مسی 22AWG با طول 3000ft باشد، جریان i را محاسبه کنید.



شکل ۳ـ۶۵

۳۳. در شکل ۳.۶۶، اگر $g_m = 2.5 \times 10^{-3}$ و $v_s = 10\cos 5t$ mV باشد $v_o(t)$ را پیدا کنید.

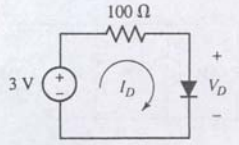


شکل ۳ـ۶۶

۳۴. قوانین کیرشهف مستقل از قانون اهم روی یک عنصر خاص معتبرند. مثلاً مشخصه I-V یک دیود با رابطه زیر داده می‌شود:

$$I_D = I_S(e^{V_D/V_T} - 1)$$

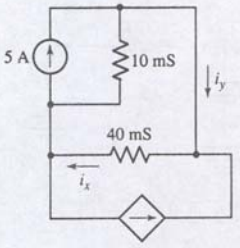
که در آن V_T = 27mV در دمای اتاق و I_S می‌تواند بین 10^{-12}A تا 10^{-3}A تغییر نماید. در مدار شکل ۳.۶۷ و با استفاده از KVL/KCL، V_D را به ازای $I_S = 3\mu A$ معین کنید (**توجه:** این مسئله روش حل "تکرار" را برای یافتن حل عددی می‌طلبد. بسیاری از ماشین‌حساب‌ها قادرند این نوع تابع را حل کنند).



شکل ۳ـ۶۷

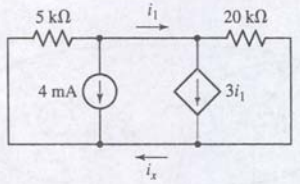
۳ـ۵ مدار زوج تک‌گرهی

۳۵. توان جذب‌شده به وسیله هر عنصر از مدار شکل ۳.۶۸ را بیابید به‌شرطی‌که کنترل منبع وابسته (الف) $0.8i_x$ و (ب) $0.8i_y$ باشد.



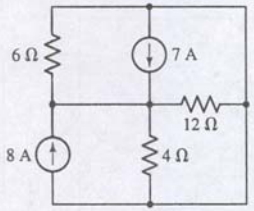
شکل ۳ـ۶۸

۳۶. در مدار شکل ۳.۶۹، i_x را پیدا کنید.



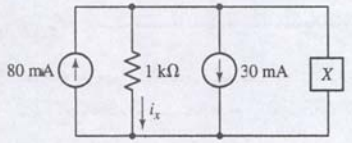
شکل ۳ـ۶۹

۳۷. توان جذب‌شده به‌وسیله هر عنصر را در مدار جفت‌گره شکل ۳.۷۰ بیابید.



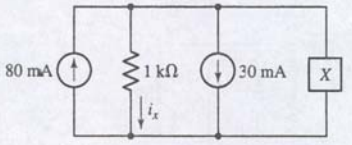
شکل ۳ـ۷۰

۳۸. توان جذب‌شده به‌وسیله عنصر X در مدار شکل ۳.۷۱ را پیدا کنید به‌شرطی‌که (الف) مقاومت 4kΩ باشد، (ب) منبع جریان مستقل 20mA، پیکان مرجع رو به پایین، (ج) منبع جریان وابسته، پیکان مرجع رو به پایین و با $2i_x$ برچسب خورده باشد و (د) منبع ولتاژ 60V و قطب + در بالا باشد.



شکل ۳ـ۷۱

۳۹. (الف) فرض کنید که X در شکل ۳.۷۲، یک منبع جریان مستقل i_s پیکان رو به بالا باشد، اگر هیچ‌یک از چهار عنصر مدار توانی جذب نکنند، i_s چقدر است؟ (ب) فرض کنید که عنصر X یک منبع ولتاژ مستقل، علامت + در سمت بالا و با علامت v_s برچسب خورده باشد. گر منبع ولتاژ توانی جذب نکند، v_s چقدر است؟

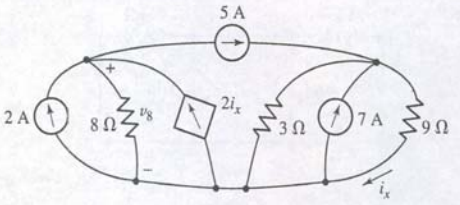


شکل ۳ـ۷۲

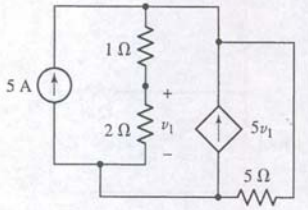
۴۰. (الف) تکنیک‌های تحلیل جفت‌گرهی را به گره سمت راست بالا در شکل ۳.۷۳ اعمال کرده و i_x را بیابید. (ب) اکنون با گره سمت چپ بالا کار کرده و v_g را پیدا کنید. (ج) منبع 5A چه توانی را تولید می‌کند

۴۱. توان جذب‌شده با مقاومت 5Ω در شکل ۳.۷۴ چقدر است؟

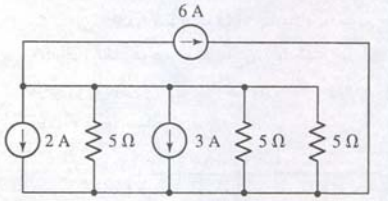
۴۲. توان تولیدی به وسیله هر منبع در شکل ۳.۷۵ را محاسبه نمایید.



شکل ۳ـ۷۳

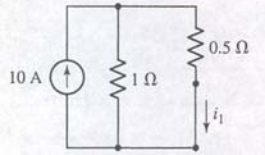


شکل ۳ـ۷۴



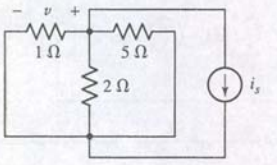
شکل ۳ـ۷۵

۴۳. با مراجعه به جدول ۴ـ۲، برای قطعه سیم شکل ۳ـ۷۶ چقدر سیم مسی نمره 28AWG لازم است تا $i_1 = 5A$ به‌دست‌آید.



شکل ۳ـ۷۶

۴۴. اگر در مدار شکل ۳ـ۷۷، $v = 6V$ باشد، i_s را بیابید.



شکل ۳ـ۷۷

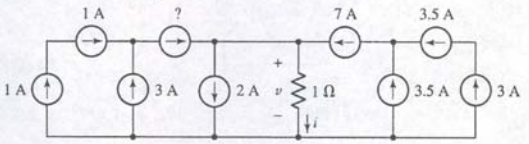
۳ـ۶ منابع متصل سری و موازی

۴۵. با استفاده از ترکیب سری منابع، i را برای هر دو مدار شکل ۳ـ۷۸ محاسبه کنید.

۴۶. برای هر مدار در شکل ۳ـ۷۸، v را پس از ترکیب منابع، به‌دست‌آورید.

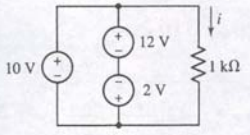
۴۷. جریان i را در هر مدار شکل ۳ـ۷۹ محاسبه نمایید.

(الف)

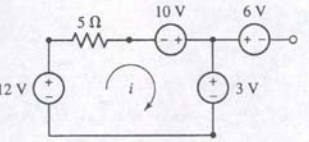


(ب)

شکل ۳ـ۷۸



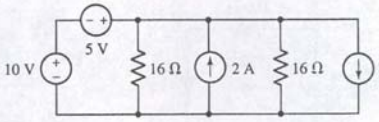
(الف)



(ب)

شکل ۳ـ۷۹

۴۸. توان جذب‌شده به وسیله هر یک از مقاومت‌های 16 اهم در شکل ۳ـ۸۰ را بیابید.



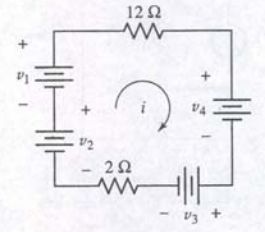
شکل ۳ـ۸۰

۴۹. برای مدار شکل ۳ـ۸۱، i را محاسبه کنید به‌شرطی‌که:

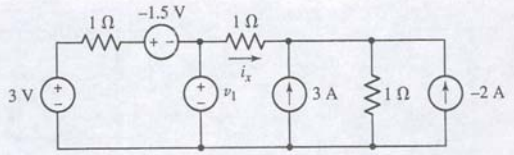
(الف) $v_1 = v_2 = 10V$ و $v_3 = v_4 = 6V$

(ب) $v_1 = v_3 = 3V$ و $v_2 = v_4 = 2.5V$

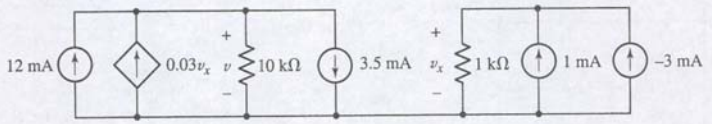
(ج) $v_1 = -3V$، $v_2 = 1.5V$، $v_3 = -0.5V$ و $v_4 = 0V$ باشد.



شکل ۳ـ۸۱



شکل ۳ـ۸۲

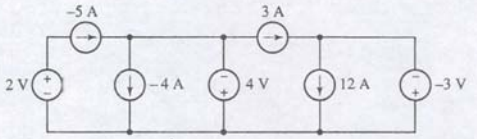


شکل ۳ـ۸۳

۵۰. در مدار شکل ۳ـ۸۲، v_1 را برای دستیابی به $i_x = 2A$ انتخاب نمایید.

۵۱. ولتاژ v را در مدار شکل ۳ـ۸۳ پیدا کنید.

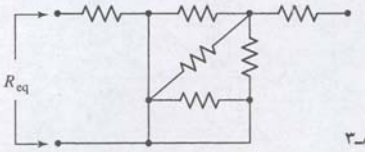
۵۲. مدار شکل ۳ـ۸۴ حاوی چندین مثال از منابع جریان و ولتاژ سری و موازی است. (الف) توان جذب‌شده به‌وسیله هر منبع را معین کنید. (ب) برای کاهش توان تولیدی از منبع 5A- به صفر، منبع 4V چقدر باید تغییر نماید.



شکل ۳ـ۸۴

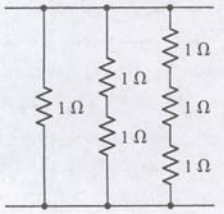
۳ـ۷ مقاومت‌های سری و موازی

۵۳. مقاومت معادل R_{eq} را در شکل ۳ـ۸۵ محاسبه نمایید، به‌شرطی‌که هر مقاومت 1kΩ باشد.



شکل ۳ـ۸۵

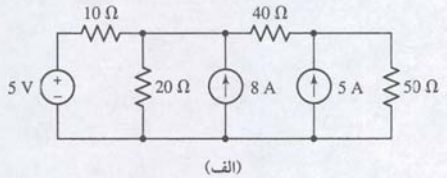
۵۴. برای مدار شکل ۳ـ۸۶: (الف) مقاومت معادل را محاسبه نمایید. (ب) عبارتی برای مقاومت معادل پیدا کنید. به‌شرطی‌که تعداد شاخه‌ها یا انشعاب‌های مدار تا N گسترش یابد، و هر شاخه یک مقاومت بیش از شاخه سمت چپ داشته باشد.



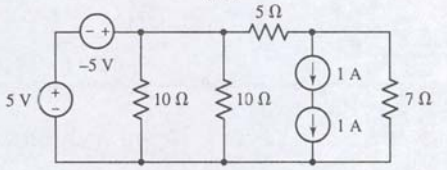
شکل ۳ـ۸۶

۵۵. با فرض وجود سه مقاومت 10kΩ، سه مقاومت 47kΩ و سه مقاومت 1kΩ ترکیبات زیر را به‌دست‌آورید (لزومی ندارد که همه مقاومت‌ها به‌کاروند): (الف) 5kΩ، (ب) 47333Ω و (ج) 29.5kΩ.

۵۶. شبکه شکل ۳ـ۸۷ را با استفاده از ترکیب منابع و مقاومت‌ها ساده کنید.



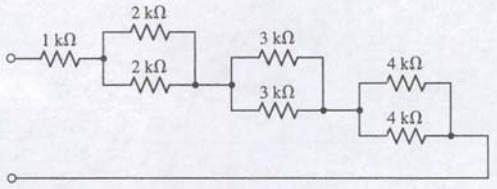
(الف)



(ب)

شکل ۳ـ۸۷

۵۷. مقاومت معادل را برای مدار شکل ۳ـ۸۸ حساب نمایید.

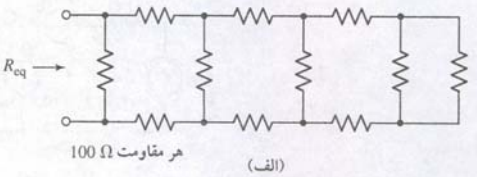


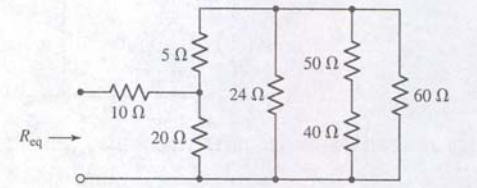
شکل ۳ـ۸۸

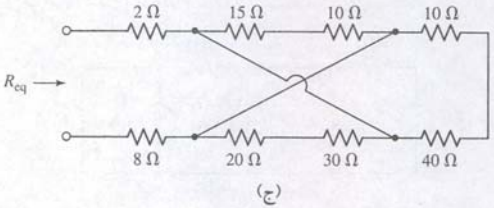
۵۸. R_{eq} را در هر شبکه مقاومتی از شکل ۳ـ۸۹ بیابید.

۵۹. در شبکه شکل ۳ـ۹۰: (الف) $R = 80\Omega$، R_{eq} را پیدا کنید، (ب) اگر $R_{eq} = 80\Omega$ باشد، R را به‌دست‌آورید، (ج) اگر $R = R_{eq}$ باشد، R را بیابید.

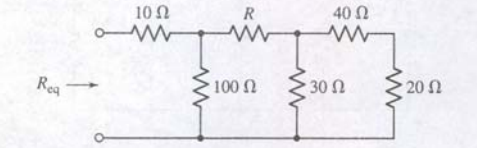
۶۰. نشان دهید که با ترکیب 4 مقاومت 100Ω چگونه می‌توان مقاومت معادل (الف) 25Ω، (ب) 60Ω و (ج) 40Ω را به‌دست‌آورد.





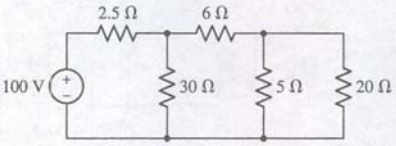


شکل ۳ـ۸۹



شکل ۳ـ۹۰

۶۱. توان جذب‌شده توسط هر مقاومت در مدار شکل ۳ـ۹۱ را پیدا کنید.



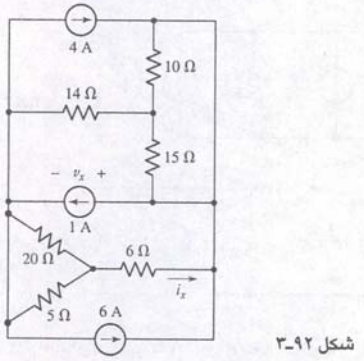
شکل ۳ـ۹۱

۶۲. از روش ترکیب منبع و مقاومت برای یافتن v_x و i_x در شکل ۳ـ۹۲ استفاده نمایید.

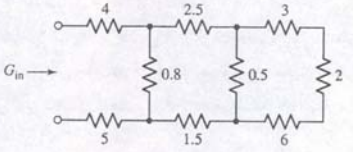
۶۳. در هر یک از شبکه‌های شکل ۳ـ۹۳، G_{in} را تعیین نمایید. همه مقادیر به میلی‌زیمنس (mS) هستند.

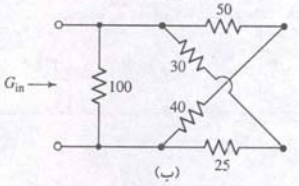
۳ـ۸ تقسیم ولتاژ و جریان

۶۴. از ترکیب مقاومت و منبع و تقسیم جریان در مدار شکل ۳ـ۹۴ برای یافتن توان جذب‌شده به وسیله مقاومت‌های 1Ω، 10Ω و 13Ω استفاده کنید.

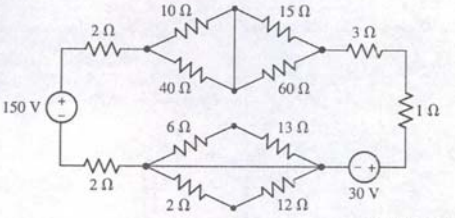


شکل ۳ـ۹۲





شکل ۳ـ۹۳

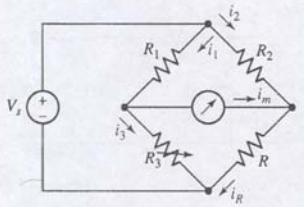


شکل ۳ـ۹۴

۶۵. پل وتستون (شکل ۳ـ۹۵) یکی از شناخته‌شده‌ترین مدارهای الکتریکی است. در اندازه‌گیری مقاومت استفاده می‌شود. مقاومتی که یک پیکان (فلش) بر روی سمبلش دارد (R_3) یک مقاومت متغیر است و گاهی به آن پتانسیومتر می‌گویند. مقدار آن می‌تواند با چرخش پیچ ولوم آن، تغییر یابد. آمپرمتر که با یک دایره با یک پیکان در داخل آن مشخص شده، جریان درون سیم وسط را اندازه می‌گیرد. ما فرض می‌کنیم که این آمپرمتر ایده‌آل است، به نحوی که مقاومت درونی آن صفر است.

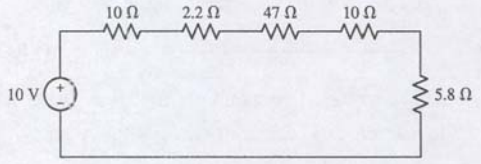
طرز کار ساده است. مقدار R_1، R_2 و R_3 معلوم‌اند، و مقدار R موردنظر است. مقاومت R_3 تنظیم می‌شود تا $i_m = 0$ گردد. به بیان دیگر تازمانی‌که جریانی از آمپرمتر نگذرد، می‌گویند در این نقطه پل بالانس است.

با استفاده از KCL و KVL نشان دهید که $R = \frac{R_2}{R_1} R_3$ (راهنمایی: $i_m = 0$، $i_1 = i_3$ و $i_2 = i_R$ و افت ولتاژی در دو سر آمپرمتر نیست).



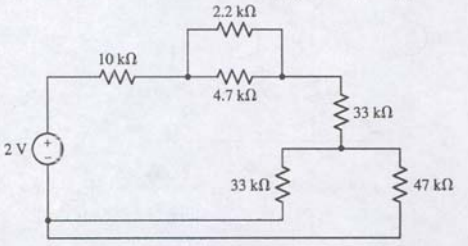
شکل ۳ـ۹۵

۶۶. مدار شکل ۳ـ۹۶ متشکل از چند مقاومت متصل سری است. از تقسیم ولتاژ استفاده کنید و افت ولتاژ در دو سر کوچک‌ترین مقاومت و بزرگ‌ترین مقاومت را به دست آورید.



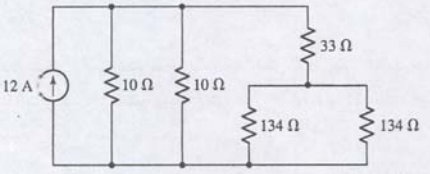
شکل ۳ـ۹۶

۶۷. از تقسیم ولتاژ استفاده کنید و افت ولتاژ را در دو سر مقاومت 47 kΩ در شکل ۳ـ۹۷ به دست آورید.



شکل ۳ـ۹۷

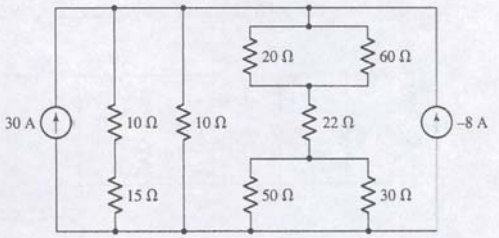
۶۸. با مراجعه به شکل ۳ـ۹۸، از تقسیم جریان برای محاسبه جریان از بالا به پایین در (الف) مقاومت 33Ω، (ب) مقاومت 134Ω سمت راست استفاده کنید.



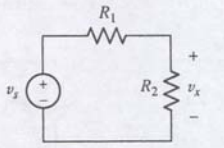
شکل ۳ـ۹۸

۶۹. در شکل ۳ـ۹۹ ولتاژ دو سر مقاومت 15Ω موردنظر است. از تقسیم جریان برای محاسبه آن استفاده کنید.

۷۰. با انتخاب مقاومت‌های زیر v_s، R_1 و R_2 را در شکل ۳ـ۱۰۰ انتخاب کنید تا $v_x = 5.5\text{V}$ باشد (ممکن‌است مقاومت‌ها را بیش از یک بار به‌کاربرید). [1kΩ، 3.3kΩ، 4.7kΩ و 10kΩ]

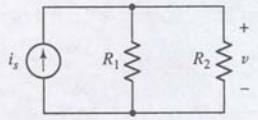


شکل ۳ـ۹۹



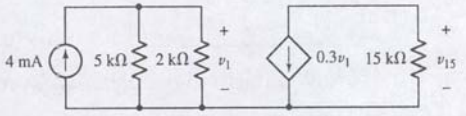
شکل ۳ـ۱۰۰

۷۱. با انتخاب مقادیر مقاومت زیر (ممکن‌است بیش از یک بار به‌کاروند) مقادیر i_s، R_1 و R_2 را در شکل ۳ـ۱۰۱ تنظیم کنید تا $v = 5.5$ گردد. [1kΩ، 3.3kΩ، 4.7kΩ و 10kΩ]



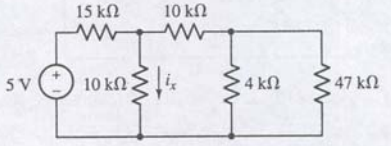
شکل ۳ـ۱۰۱

۷۲. توان جذب‌شده به وسیله مقاومت 15kΩ در شکل ۳ـ۱۰۲ را معین کنید.



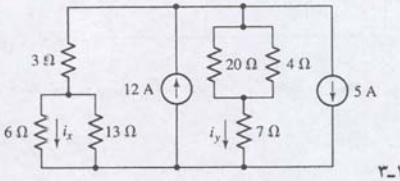
شکل ۳ـ۱۰۲

۷۳. برای مدار شکل ۳ـ۱۰۳، i_x را مشخص کنید و توان جذب‌شده با مقاومت 15kΩ را محاسبه نمایید.



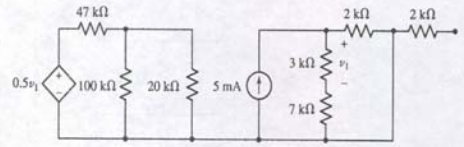
شکل ۳ـ۱۰۳

۷۴. برای مدار شکل ۳ـ۱۰۴، i_x و i_y و توان تلف‌شده به‌وسیله مقاومت 3Ω چقدر است؟



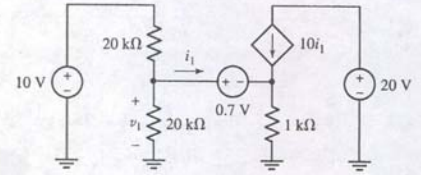
شکل ۳ـ۱۰۴

۷۵. توان تلف‌شده به وسیله مقاومت 47kΩ در شکل ۳-۱۰۵ چقدر است؟



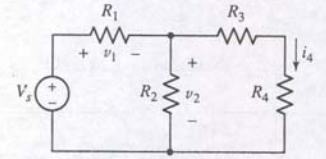
شکل ۳-۱۰۵

۷۶. بگویید چرا تقسیم ولتاژ نمی‌تواند برای تعیین v_1 در شکل ۳-۱۰۶ به‌کاررود.



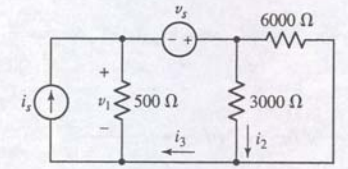
شکل ۳-۱۰۶

۷۷. از تقسیم جریان و ولتاژ در مدار شکل ۳-۱۰۷، عبارتی برای (الف) v_2، (ب) v_1 و (ج) i_4 پیداکنید.



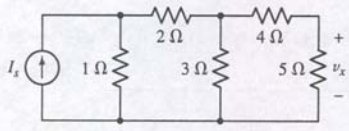
شکل ۳-۱۰۷

۷۸. با مراجعه به مدار شکل ۳-۱۰۸: (الف) با فرض $v_3 = 40V$، $i_s = 0$، v_1 را پیداکنید، (ب) با فرض $v_s = 0$ و $i_s = 3mA$، i_2، i_3 و v_1 را معین کنید.



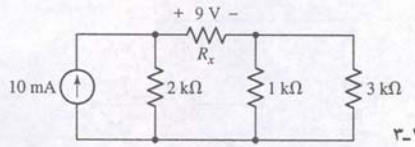
شکل ۳-۱۰۸

۷۹. در شکل ۳-۱۰۹: (الف) اگر $v_x = 10V$ باشد، I_s را به‌دست‌آورید. (ب) اگر $I_s = 50A$ باشد، v_x را پیداکنید و (ج) نسبت $\frac{v_x}{I_s}$ را محاسبه نمایید.



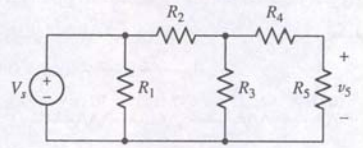
شکل ۳-۱۰۹

۸۰. چقدر توان به وسیله R_x در شکل ۳-۱۱۰ جذب می‌شود.



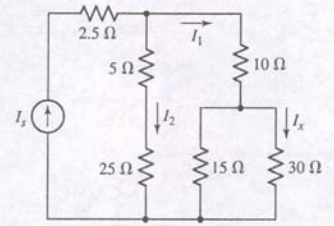
شکل ۳-۱۱۰

۸۱. با استفاده از تقسیم جریان و ولتاژ عبارتی برای v_5 در شکل ۳-۱۱۱ بیابید.



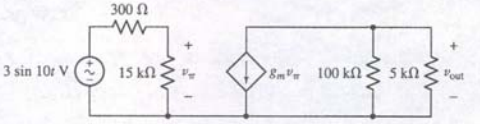
شکل ۳-۱۱۱

۸۲. در شکل ۳-۱۱۲، (الف) اگر $I_1 = 12mA$ باشد، I_x را به‌دست‌آورید. (ب) اگر $I_x = 12mA$ باشد I_1 را پیداکنید، (ج) اگر $I_2 = 15mA$ باشد I_x چقدر است و (د) اگر $I_s = 60mA$ باشد، I_x را معین کنید.



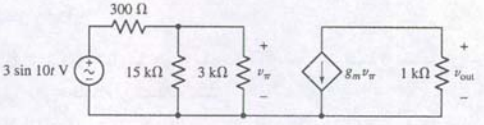
شکل ۳-۱۱۲

۸۳. مدار شکل ۳-۱۱۳ معادل رایجی در مدل‌سازی یک مدار تقویت‌کننده MOSFET است. اگر $g_m = 4m\mho$ باشد، v_{out} را محاسبه کنید.



شکل ۳-۱۱۳

۸۴. مدار شکل ۳-۱۱۴ مدار معادل رایجی در مدل‌سازی رفتار ac یک مقدار تقویت‌کننده ترانزیستور پیوندی دوقطبی است. اگر $g_m = 38m\mho$ باشد، v_{out} را حساب نمایید.



شکل ۳-۱۱۴

فصل چهارم

تحلیل گرهی و مش

مفاهیم کلیدی

- تحلیل گرهی
- اَبَرگره
- تحلیل مِش
- اَبَرمش
- تحلیل گرهی و تحلیل مش: یک مقایسه
- تحلیل کامپیوتری مدار

مقدمه

تحلیل یک مدار ساده خطی مجهز به قوانین اهم و کیرشهف برای به‌دست‌آوردن اطلاعات مفیدی مانند جریان، ولتاژ یا توان مربوط به یک قطعه، شاید نقطه شروعی مستقیم به نظر برسد. حداقل برای بررسی فعلی، هر مدار منحصر به نظر می‌رسد، و نیاز به خلاقیت برای رسیدن به هدف توسط روش تحلیل دارد. در این فصل، ما تحلیل دو مدار پایه را می‌آموزیم - یکی تحلیل گرهی و دیگری تحلیل مش (تک‌حلقه). هر دو روش به ما اجازه می‌دهند تا مدارهای مختلف متعددی را با یک روش منسجم و سبک‌دار[1] مورد بررسی و تحقیق قرار دهیم. نتیجه این بررسی تحلیلی پربازده، سطح یکنواختی از پیچیدگی، خطاهای کمتر و شاید مهمتر از همه، کاهش عباراتی چون "من نمی‌دانم حتی چگونه شروع کنم" است.

بسیاری از مدارهایی که تاکنون دیده‌ایم در واقع خیلی ساده بوده‌اند. با این وجود اینگونه مدارها در کمک به ما برای یادگیریِ اعمال تکنیک‌های اساسی، ارزشمند هستند. هرچند مدارهای پیچیده‌تری که در این فصل آمده‌اند ممکن‌است ارائه‌دهنده انواع سیستم‌های الکتریکی از جمله مدارهای کنترل، شبکه‌های مخابراتی، موتورها، یا مدارهای مجتمع و نیز مدل‌هایی از مدارهای الکتریکی سیستم‌های غیرالکتریکی باشند، ولی معتقدیم بهتر است زیاد بر روی این موارد خاص در این مرحله تأکید نکنیم. بکه بهتر است که در آغاز بر تکنولوژی حل مسئله توجه نماییم که در سرتاسر کتاب تکمیل خواهد شد.

۴-۱ تحلیل گرهی

با روش‌های ساده‌سازی مدار را با روش قدرتمند KCL به‌نام **تحلیل گرهی** آغاز می‌کنیم. در فصل ۳، ما تحلیل یک مدار ساده با دو گره را ملاحظه نمودیم. دیدیم که قدم اساسی تحلیل، یافتن یک معادله یک مجهولی، برای ولتاژ بین دو گره بود.

حال تعداد گره‌ها را افزایش می‌دهیم و در نتیجه در ازای هر گره اضافی، یک معادله و یک مجهول اضافه می‌گردد. بنابراین یک مدار سه‌گرهی، دو ولتاژ مجهول و دو معادله، و یک مدار 10 گرهی تعداد 9 ولتاژ مجهول و 9 معادله دارد و بالاخره یک مدار N گرهی، (N - 1) ولتاژ مجهول و (N - 1) معادله خواهد داشت. هر معادله، در واقع یک معادله ساده KCL است.

برای تشریح تکنیک مدار سه‌گرهی شکل ۴-۱ (الف) را در نظر می‌گیریم. در اولین گام، به‌منظور تأکید بر سه‌گرهی بودن مدار، آن را دوباره طبق شکل ۴-۱ (ب) شماره‌گذاری می‌کنیم. هدف تعیین ولتاژ دو سر هر عنصر است و لذا گام بعدی تحلیل حساس خواهد بود. ما یک گره

1. methodical