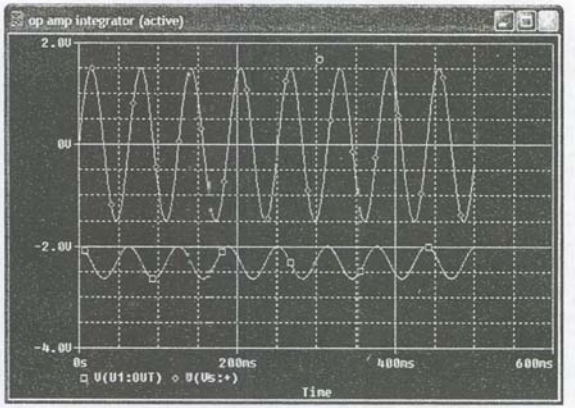


شکل ۴۲-۷ خروجی probe مدار انتگرال شبیه‌سازی‌شده همراه با ورودی برای مقایسه.

مشخص می‌سازد. PSpice خود اقدام به انتخاب فواصل زمانی منفصل، برای محاسبه ولتاژها و جریان‌های مختلف می‌نماید. گاهی پیام خطایی مبنی بر عدم وجود حل گذرا دریافت می‌شود. در این‌گونه موارد، بهتر است مقداری برای Step Ceiling وارد کنیم که حداکثر گام زمانی بین محاسبات است. البته هرچه گام کوتاه‌تر باشد بهتر است.

با توجه به تحلیل قبلی و معادله (۱۷)، انتظار داریم که خروجی برابر با منفی انتگرال موج ورودی یعنی $v_{out} = 0.319 \cos 100t - 2.319$ V که در شکل ۴۲-۷ می‌بینیم باشد. مقدار اولیه 2 ولت در دو سر خازن با مقدار ثابتی ترکیب می‌شود که حاصل انتگرال‌گیری است و نتیجه‌اش مقدار متوسط غیرصفری در خروجی است.

۸-۷ خلاصه فصل و مرور

- جریان درون یک خازن $i = C\frac{dv}{dt}$ است.
- ولتاژ دو سر خازن با رابطه زیر به جریانش مرتبط است:

$$v(t) = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(t')\,dt' + v(t_0)$$

- یک خازن برای جریان‌های dc به صورت مدار باز عمل می‌کند.
- ولتاژ دو سر یک القاگر با رابطه $v = L\frac{di}{dt}$ معین می‌گردد.
- جریان عبوری از القاگر با رابطه زیر به ولتاژش مربوط می‌شود:

$$i(t) = \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} v\,dt' + i(t_0)$$

- یک القاگر در جریان‌های dc به صورت مدار اتصال کوتاه عمل می‌نماید.
- انرژی ذخیره‌شده فعلی در یک خازن برابر $\frac{1}{2}Cv^2$ است، درحالی‌که انرژی ذخیره‌شده در یک القاگر $\frac{1}{2}Li^2$ می‌باشد. مرجع هر دوی آن‌ها به زمانی است که در آن‌ها انرژی نبوده است.
- ترکیبات سری و موازی القاگرها را می‌توان با روابطی مشابه مقاومت‌ها در هم ادغام کرد.
- ترکیبات سری و موازی خازن‌ها را می‌توان برعکس مقاومت‌ها تصور کرد.
- خازنی که در یک op amp معکوس‌گر به‌عنوان عنصر پسخورد به‌کار می‌رود ولتاژ خروجی متناسب با انتگرال ولتاژ ورودی را تولید می‌نماید. با تعویض مقاومت ورودی با خازن پسخورد، ولتاژ خروجی متناسب با مشتق ورودی خواهد بود.
- چون خازن‌ها و القاگرها عناصر خطی‌اند، KVL، KCL، تجمیع، قضایای تونن و نورتن و تحلیل‌های گرهی و مش به مدار آن‌ها قابل اعمال است.

- مفهوم دوگانگی تصویر دیگری در روابط بین مدارهای حاوی القاگر و خازن را به‌دست می‌دهد.
- PSpice اجازه می‌دهد تا ولتاژ اولیه‌ای در دو سر یک خازن یا جریان اولیه‌ای در یک القاگر ایجاد کنیم. تحلیل گذرا جزئیات پاسخ وابسته به زمان مدارهای حاوی انواع عناصر را تهیه می‌کند.

۹-۷ خواندنی‌های کمکی

A detailed guide to characteristics and selection of various capacitor and inductor types can be found in:

H. B. Drexler, *Passive Electronic Component Handbook,* 2nd ed., C. A. Harper, ed. New York: McGraw-Hill, 2003, pp. 69–203.

C. J. Kaiser, *The Inductor Handbook,* 2nd ed. Olathe, Kans.: C.J. Publishing, 1996.

Two books that describe capacitor-based op amp circuits are:

R. Mancini, (ed.). *Op Amps Are For Everyone,* 2nd ed. Amsterdam: Newnes, 2003.

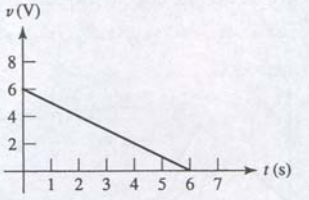
W. G. Jung, *Op Amp Cookbook,* 3rd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1997.

مسائل

۱-۷ خازن

۱. جریان درون خازن $10\,\mu F$ را در ازای ولتاژهای دو سر آن حساب کنید: (الف) 5 V، (ب) $\sqrt{2}\cos 120\pi t$ V و (ج) $115\,e^{-t}$ mV.

۲. جریان درون خازن $4.7\,\mu F$ را در پاسخ به موج شکل ۴۳-۷ رسم کنید. فرض کنید که جریان و ولتاژ طبق قرارداد علامت عناصر غیرفعال همخوانی دارد.



شکل ۴۳-۷

۳. جریان جاری درون خازن 1 mF را در پاسخ به v ولت در دو سر پایانه‌ها را حساب کنید، اگر v برابر باشد با: (الف) $30te^{-t}$ V و (ب) $4e^{-5t}\sin 100t$ V.

۴. حداکثر مقدار انرژی که در هر یک از خازن‌های الکترولیت شکل ۲-۷ (ب) و (ج) می‌توان ذخیره کرد چقدر است؟

۵. خازنی از دو قرص آلومینیومی نازک با قطر 1cm و فاصله $100\,\mu m$ از یکدیگر ساخته شده است. (الف) ظرفیت آن را حساب کنید با فرض این‌که فقط هوا بین صفحات وجود داشته باشد. (ب) ولتاژی را معین کنید که باید برای ذخیره 1mJ انرژی در خازن به کار ببریم. (ج) اگر بخواهیم خازن $2.5\,\mu J$ انرژی را در 100V ذخیره کند ضریب گذردهی نسبی $\varepsilon/\varepsilon_0$ برای ناحیه بین صفحات را مشخص کنید.

۶. یک دیود پیوندی pn با ظرفیت پیوندی زیر تعریف شده است:

$$C_j = \frac{K_s\varepsilon_0 A}{W}$$

که برای سیلیکان $K_s = 11.8$ است، ε_0 ضریب گذردهی خلاء، A برابر سطح مقطع پیوند و W عرض ناحیه تهی پیوند است. W نه تنها به ساخت آن لکه به ولتاژ اعمال‌شده به دو پایانه نیز بستگی دارد:

$$W = \sqrt{\frac{2K_s\varepsilon_0}{qN}(V_{bi} - V_A)}$$

بنیرایـن دیـودها غـالباً در مدارهـای الکترونیک به‌عنوان خـازن‌های کنترل‌شده با ولتاژ به‌کار می‌روند. با این فرض که مقادیر پارامترها، $q = 1.6 \times 10^{-19}$C و $V_{bi} = 0.57$V، $N = 10^{18}$cm^{-3} باشند، ظرفیت خازن دیود با سطح مقطع $A = 1\mu m \times 1\mu m$ در ولتاژ 10V-، 5- و 1- V_A را به‌دست آورید.

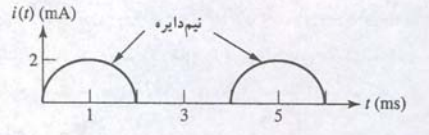
۷. خازنی طراحی کنید که ظرفیتش به‌صورت دستی با چرخش ولوم بین 10pF و 1nF تغییر کند. طرح خود را با برچسب‌های مناسب توضیح دهید.

۸. ولتاژ زیر به یک خازن $300\,\mu F$ وصل است:

$$v(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 3e^{-t/5}\ \text{V} & t > 0 \end{cases}$$

(الف) انرژی ذخیره‌شده در خازن در $t = 2$ms چقدر است. (ب) در چه مدتی انرژی ذخیره‌شده در خازن به 37% مقدار حداکثرش افت می‌کند. (ج) جریان عبوری از خازن در $t = 1.2$s را معین نمایید. (د) توان انتقالی به وسیله خازن به مدار خاصی در $t = 2$s را حساب کنید.

۹. جرین درون خازن $47\,\mu F$ در شکل ۴۴-۷ دیده می‌شود. ولتاژ دو سر آن را در (الف) $t = 2$ms، (ب) $t = 4$ms و (ج) $t = 5$ms حساب کنید.

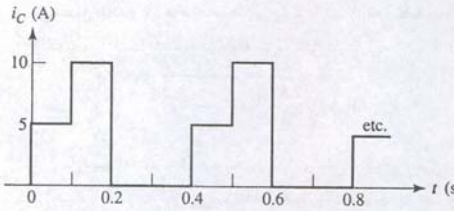


شکل ۷ـ۴۴

۱۰. جریان در یک خازن با رابطه $i(t) = 7 \sin \pi t$ mA داده شده است. اگر انرژی ذخیره‌شده در $t = 200ms$ برابر $3\mu J$ باشد، مقدار ظرفیت چقدر است؟

۱۱. (الف) اگر خازن شکل ۷ـ۱ دارای ظرفیت $0.2\mu F$ باشد، با $v_C = 5 + 3\cos^2 200t$ V مقدار $i_C(t)$ را به‌دست‌آورید. (ب) حداکثر انرژی ذخیره‌شده در خازن چیست؟ (ج) اگر در $t < 0$، $i_C = 0$ و در $t > 0$، برابر $i_C = 8e^{-100t}$mA باشد، برای $t > 0$ مقدار $v_C(t)$ را پیدا کنید. (د) اگر برای $t > 0$، $i_C = 8e^{-100t}$mA و $v_C(0) = 100V$ باشد، $v_C(t)$ را برای $t > 0$ به‌دست‌آورید.

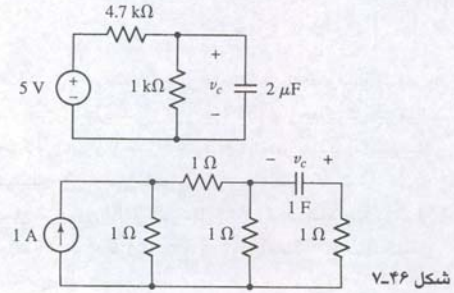
۱۲. شکل موج جریان برای $t > 0$ در شکل ۷ـ۴۵ به خازن 2mF اعمال شده است. با فرض $v_C(0) = 250V$ و فرض قرارداد علامت عناصر غیرفعال، در چه فاصله زمانی v_C بین 2000 و 2100V قرار می‌گیرد؟



شکل ۷ـ۴۵

۱۳. مقاومت R با خازن $1\mu F$ موازی است. برای هر $t \leq 0$ انرژی ذخیره‌شده در خازن برابر $20e^{-1000t}$mJ است. (الف) R را پیدا کنید. (ب) با انتگرال‌گیری، نشان دهید که انرژی تلف‌شده در فاصله $0 < t < \infty$ برابر 0.02J است.

۱۴. برای مدارهای شکل ۷ـ۴۶، (الف) ولتاژ دو سر هر خازن را محاسبه کنید. (ب) صحت پاسخ خود را با PSpice تحقیق نمایید.

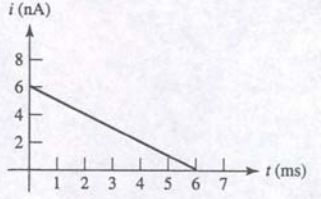


شکل ۷ـ۴۶

۷ـ۲ القاگر

۱۵. ولتاژ دو سر یک القاگر را حساب کنید، اگر جریان وارده به پایانه مرجع "+" برابر باشد با: (الف) 5 mA؛ (ب) $115\sqrt{2}\cos 120\pi t$ A و (ج) $4e^{-6t}$mA.

۱۶. ولتاژ ظاهرشده در دو سر القاگر 1 pH را در پاسخ به جریان شکل ۷ـ۴۷ رسم کنید. فرض کنید که تعریف جریان و ولتاژ با قرارداد قطعات غیرفعال همخوانی دارد.

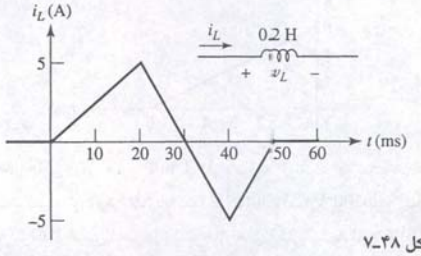


شکل ۷ـ۴۷

۱۷. ولتاژی را که در دو سر القاگر 5 μH در پاسخ به جریان پایانه مرجع "+" ایجاد می‌شود را محاسبه نمایید، اگر i برابر باشد با: (الف) $30te^{-t}$nA و (ب) $4e^{-5t}\sin 100t$ mA.

۱۸. حداکثر انرژی ذخیره‌شده در یک القاگر 5 mH چقدر است اگر سیم برای حداکثر جریان 1.5 A در نظر گرفته شده باشد؟ جواب خود را تشریح کنید.

۱۹. با مراجعه به شکل ۷ـ۴۸: (الف) v_L را به‌عنوان تابعی از زمان بین $0 < t < 60ms$ رسم کنید. (ب) زمانی که در آن القاگر حداکثر توان را جذب کند، پیدا کنید. (ج) زمان تولید توان حداکثر را به‌دست‌آورید و (د) انرژی ذخیره‌شده در القاگر در $t = 40ms$ چقدر است.

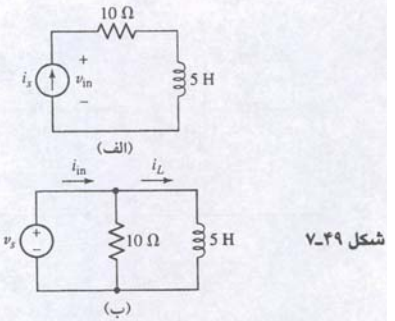


شکل ۷ـ۴۸

۲۰. در شکل ۷ـ۱۳، فرض کنید $L = 50$ mH باشد. با فرض $i_L = 0$ در $t < 0$، و $80te^{-100t}$mA در $t > 0$، حداکثر مقدار $|i_L|$ و $|v|$ و زمانی که این حداکثرها رخ می‌دهند را تعیین نمایید.

۲۱. (الف) اگر در مدار شکل ۷ـ۴۹ (الف) در $t > 0$، $i_s = 0.4t^2$ باشد، $v_{in}(t)$ را برای $t > 0$ در شکل ۷ـ۴۹ (ب) رسم کنید.

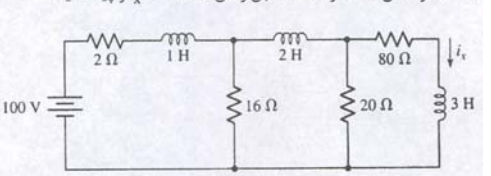
۲۲. ولتاژ $20\cos 1000t$ V به القاگر 25mH اعمال شده است. اگر در $t = 0$ جریان القاگر صفر باشد، در $0 < t < 2\pi ms$، (الف) توان جذب‌شده به وسیله القاگر را رسم کنید. (ب) انرژی ذخیره‌شده در آن را بیابید.



شکل ۷ـ۴۹

۲۳. ولتاژ v_L در دو سر القاگر 0.2H در $0 > t \leq 10ms$ برابر 100V است. در فاصله زمانی $10 < t < 20ms$ به‌طور خطی به صفر می‌رود، در $20 < t < 30ms$ برابر 0 و در $30 < t < 40ms$ برابر 100V و پس از آن صفر است. با فرض قرارداد علامت عنصر غیرفعال برای v_L و i_L (الف) i_L را در $t = 8ms$ به‌دست‌آورید، به‌شرطی‌که $i_L(0) = -2A$. (ب) انرژی ذخیره‌شده در $t = 22ms$ را معین کنید، به‌شرطی‌که $i_L(0) = 0$ فرض شود.

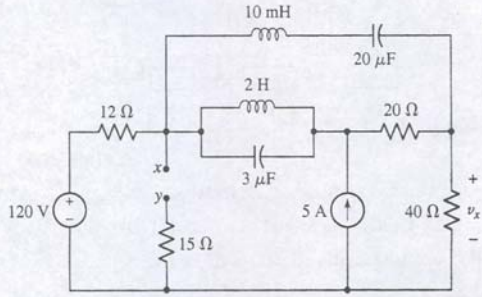
۲۴. مدار شکل ۷ـ۵۰ از مدت‌ها قبل وصل شده است، i_x را پیدا کنید.



شکل ۷ـ۵۰

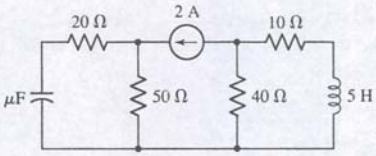
۲۵. ولتاژ دو سر یک القاگر 5H برابر $v_L = 10(e^{-t} - e^{-2t})$ است. اگر $i_L(0) = 80mA$ باشد و v_L و i_L طبق قرارداد عناصر غیرفعال تعریف شده باشند (الف) $v_L(1\ s)$، (ب) $i_L(1\ s)$ و (ج) $i_L(\infty)$ را به‌دست‌آورید.

۲۶. پس از مدت زمان طولانی از وصل مدار شکل ۷ـ۵۱، v_x را بیابید، به‌شرطی‌که (الف) خازن بین x و y باشد و (ب) یک القاگر بین x و y باشد.



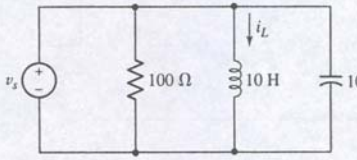
شکل ۷ـ۵۱

۲۷. با مراجعه به شکل ۷ـ۵۲ (الف) w_L، (ب) w_C، (ج) ولتاژ دو سر هر عنصر مدار و (د) جریان در هر عنصر را بیابید.



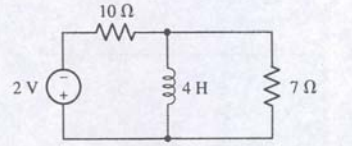
شکل ۷ـ۵۲

۲۸. اجازه بدهید $v_s = 400t^2$ V، $t > 0$ و $i_L(0) = 0.5A$ را در مدار شکل ۷ـ۵۳ داشته باشیم. در $t = 0.4s$، مقادیر انرژی (الف) ذخیره شده در خازن، (ب) ذخیره‌شده در القاگر و (ج) تلف‌شده در مقاومت را از $t = 0$ تا $t = 0.4s$ حساب کنید.



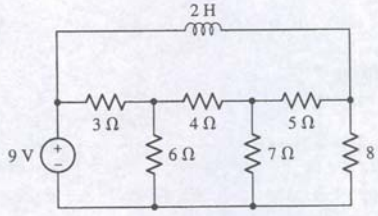
شکل ۷ـ۵۳

۲۹. برای مدار شکل ۷ـ۵۴، (الف) توان تلف‌شده با مقاومت‌های 7Ω و 10Ω را محاسبه کنید. صحت جواب را با PSpice تحقیق نمایید.



شکل ۷ـ۵۴

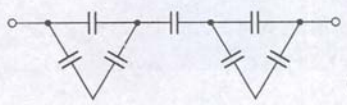
۳۰. (الف) معادل تونن شبکه متصل القاگر شکل ۷ـ۵۵ را به دست آورید. (ب) جریان داخل القاگر را به‌دست آورید. (ج) صحت جواب خود را با PSpice تحقیق نمایید. به نتایج خود نام مناسبی بدهید.



شکل ۷ـ۵۵

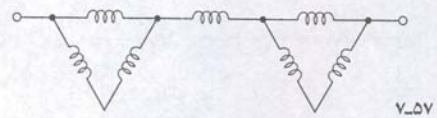
۷ـ۳ ترکیب القاگرها و خازن‌ها

۳۱. ظرفیت معادل شبکه شکل ۷ـ۵۶ را اگر همه خازن‌ها $10\mu F$ باشند، معین کنید.



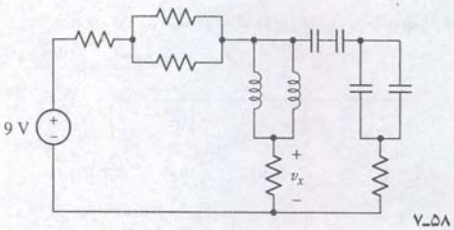
شکل ۷ـ۵۶

۳۲. القاء معادل شبکه شکل ۷.۵۷ را اگر همه القاگرها 77pH باشند، معین نمایید.



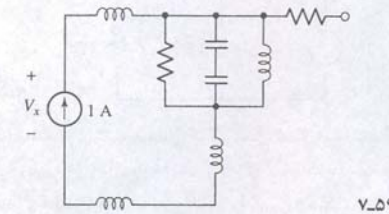
شکل ۷.۵۷

۳۳. برای مدار شکل ۷.۵۸، (الف) مدار را با استفاده از ترکیب سری/موازی تا حداقل اجزاکاهش دهید.



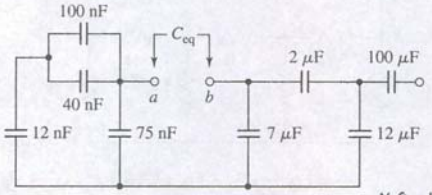
شکل ۷.۵۸

۳۴. برای مدار شکل ۷.۵۹، (الف) مدار را با حداقل استفاده از ترکیب سری/موازی تا حداقل اجزاکاهش دهید. (ب) اگر همه مقاومت‌ها 1Ω باشند، همه خازن‌ها 50μF و همه القاگرها 10nH باشند، v_x را تعیین نمایید.



شکل ۷.۵۹

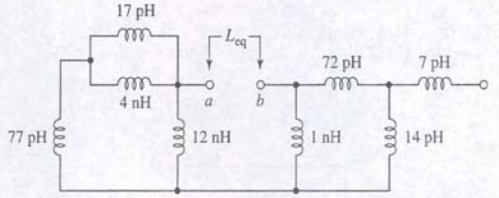
۳۵. شبکه شکل ۷.۶۰ را با نظاره از پایانه‌های a و b به یک خازن تقلیل دهید.



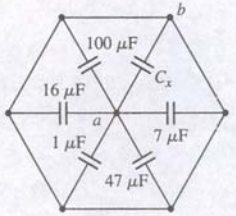
شکل ۷.۶۰

۳۶. با نظاره از پایانه‌های a و b در شکل ۷.۶۱، شبکه را به یک القاگر کاهش دهید.

۳۷. اگر شبکه شکل ۷.۶۲ در a و b به ولتاژ 2.5V وصل شود، انرژی ذخیره‌شده 534.8 μJ خواهد بود، مقدار C_x چقدر است؟

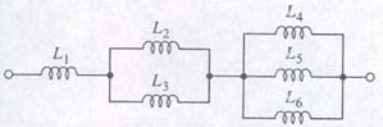


شکل ۷.۶۱



شکل ۷.۶۲

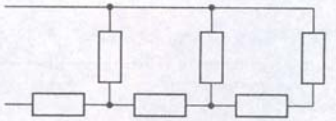
۳۸. شبکه شکل ۷.۶۳ از سه طبقه سری تشکیل شده است که هر کدام تعدادی القاگر موازی دارد. (الف) اگر همه القاگرها 1.5H باشند، القاگر معادل را پیدا کنید. (ب) عبارتی کلی برای شبکه از این نوع با N طبقه به‌دست‌آورید.



شکل ۷.۶۳

۳۹. برای شبکه شکل ۷.۶۳، $L_1 = 1H$، $L_2 = L_3 = 2H$، $L_4 = L_5 = L_6 = 3H$ است. (الف) القاگر معادل را بیابید. (ب) عبارتی برای این نوع شبکه با N طبقه به‌دست‌آورید، با این فرض که طبقه N از N القاگر و هر القاگر دارای القاکنایی N است.

۴۰. اگر در شکل ۷.۶۴ هر عنصر یک خازن 2pF باشد، باگسترش تبدیل Δ-Y آن را ساده کنید.

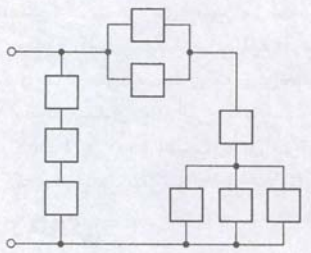


شکل ۷.۶۴

۴۱. از بسط مفهوم تبدیل Δ-Y شبکه شکل ۷.۶۴ را ساده کنید. هر عنصر یک القاگر 1nH است.

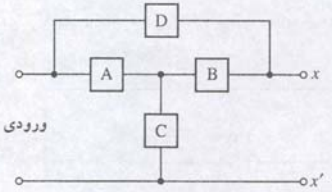
۴۲. با جعبه‌ای پر از القاگرهای 1μH بگویید با حداقل اجزا چگونه می‌توان القاگر معادل (الف) 2.25μH، (ب) 750nH و (ج) 450nH داشت.

۴۳. با توجه به شکل ۷.۶۵، (الف) اگر هر عنصر یک مقاومت 10Ω باشد، R_{eq} را به‌دست‌آورید. (ب) اگر هر عنصر یک القاگر 10H باشد، L_{eq} را تعیین کنید و (ج) اگر هر عنصر یک خازن 10F باشد C_{eq} چقدر است؟



شکل ۷.۶۵

۴۴. در شکل ۷.۶۶، اجازه بدهید تا A، B، C و D (الف) به ترتیب القاگرهایی با 1H، 2H، 3H و 4H باشند، القاکنایی ورودی را با x - x′ باز و سپس اتصال کوتاه پیدا کنید. (ب) به ترتیب خازن‌های 1F، 2F، 3F و 4F باشند و آن‌گاه ظرفیت ورودی را با x - x′ باز و سپس بسته به‌دست‌آورید.

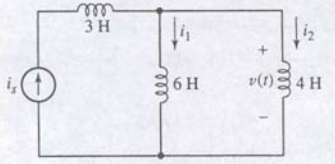


شکل ۷.۶۶

۴۵. با جعبه‌ای پر از خازن‌های 1nF و استفاده از حداقل خازن‌ها، نشان دهید چگونه می‌توان ظرفیت معادل (الف) 2.25nF، (ب) 0.75nF و (ج) 0.45nF را به‌دست‌آورد.

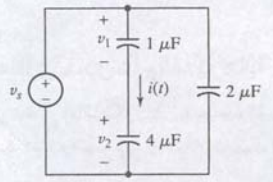
۷.۴ نتایج خطی‌بودن

۴۶. در مدار شکل ۷.۶۷، اگر $i_s = 60e^{-200t}$ mA و $i_1(0) = 20mA$ باشد، (الف) $v(t)$ را در ازای همه مقادیر t بیابید. (ب) $i_1(t)$ را برای $t \geq 0$ به‌دست‌آورید. (ج) $i_2(t)$ را برای $t \geq 0$ معین کنید.



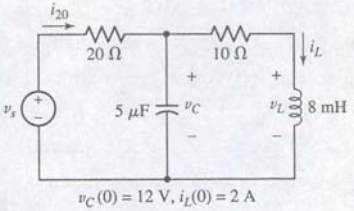
شکل ۷.۶۷

۴۷. اگر در مدار شکل ۷.۶۸، $v_s = 100e^{-80t}$ V و $v_1(0) = 20V$ باشد. (الف) $i(t)$ را برای همه مقادیر t به‌دست‌آورید. (ب) $v_1(t)$ را در $t \geq 0$ پیدا کنید و (ج) $v_2(t)$ را برای $t \geq 0$ بیابید.



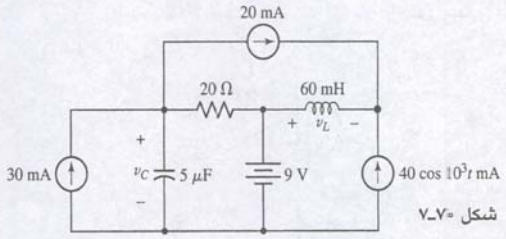
شکل ۷.۶۸

۴۸. (الف) معادلات گرهی را برای شکل ۷.۶۹ بنویسید. (ب) معادلات مش را برای آن بنویسید.



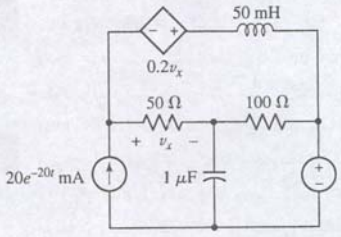
شکل ۷.۶۹

۴۹. اگر فرض شود که همه منابع در شکل ۷.۷۰ برای مدت مدیدی وصل و کار کرده باشند، از اصل تجمیع برای یافتن $v_C(t)$، $v_L(t)$ استفاده کنید.



شکل ۷.۷۰

۵۰. برای مدار شکل ۷.۷۱، فرض کنید در $t = 0$ هیچ انرژی ذخیره نشده است. مجموعه معادلات گرهی را بنویسید.



شکل ۷.۷۱

۷.۵ مدارهای op amp ساده با خازن

۵۱. جای مقاومت R و C را در مدار شکل ۷.۳۰ تعویض کرده و فرض کنید $R_i = \infty$ و $A = \infty$ است. (الف) $v_0(t)$ را به صورت تابعی از $v_s(t)$ رسم کنید. (ب) معادله‌ای به‌دست‌آورید که $v_0(t)$ و $v_s(t)$ را به هم مربوط سازد. به‌شرطی‌که A بی‌نهایت نباشد.

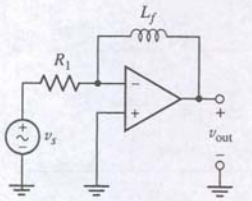
۵۲. کشت‌دهنده یونی دستگاهی است که برای تزریق اتم‌های یونیزه در سیلیکان به‌کارمی‌رود، تا مشخصه‌های الکتریکی ساخت دیودها و ترانزیستورها را اصلاح نماید. یون‌هایی که به سیلیکان برخورد می‌کنند، به جریانی تبدیل می‌شوند و نهایتاً به مقاومت معلومی هدایت می‌گردند. جریان مستقیماً با شدت یون (یعنی تعداد برخورد یون‌ها در ثانیه $(i = 1.602 \times 10^{-19})$ متناسب است. اگر برای تشخیص جریان از مقاومت 1.000MΩ استفاده شده باشد، مداری طراحی کنید که

خروجی‌اش مستقیماً متناسب با کل یون‌های برخوردی با سیلیکان باشد (به آن dose می‌گویند).

۵۳. در مدار شکل ۷.۳۰، $R = 0.5M\Omega$ ، $C = 2\mu F$ ، $R_i = \infty$ و $R_0 = 0$ می‌باشد. فرض کنید که می‌خواهیم خروجی $v_{out} = \cos 10t - 1$ V باشد. $v_s(t)$ را به‌دست‌آورید. (الف) اگر $A = 2000$ و (ب) A بی‌نهایت باشد.

۵۴. یک سنسور سرعت به یک چرخ دوّار وصل است. مداری طراحی کنید که ولتاژ مثبتی تولید کند که اندازه‌اش با شتاب چرخ متناسب باشد (دور بر دقیقه بر دقیقه). فرض کنید خروجی سنسور سرعت $1 \frac{mV}{rpm}$ و چرخ در کمتر از 3500rpm دور می‌زند.

۵۵. (الف) در مدار شکل ۷.۷۲، مقاومت و القاگر را عوض می‌کنیم. عبارتی برای v_{out} برحسب v_s به‌دست‌آورید. (ب) بگویید چرا چنین مداری در عمل به کار نمی‌رود.



شکل ۷.۷۲

۵۶. یک نورسنج که به یک دوربین وصل است یک خروجی را متناسب با سرعت نور تهیه می‌کند به طوری که 1 mV = 1 mcd است. مداری طراحی کنید که یک خروجی ولتاژ متناسب با انتگرال (مجموع) شدت نور باشد به طوری که 1 mV = 1 mcd شود.

۵۷. یک فرآیند شیشه‌گری لازم می‌دارد که میزان خنک‌کنندگی از 100°C/min تجاوز نکند. ولتاژی متناسب با دمای شبیه مذاب موجود است به طوری که در محدوده 500 الی 2000°C داریم 1 mV = 1°C. مداری طراحی کنید که ولتاژ خروجی‌اش نمایش‌دهنده سرعت خنک‌شدن باشد به طوری که 1 V = 100°C/min.

۵۸. یک سنسور شناور در یک تانک سوخت برای اندازه‌گیری سوخت باقیمانده نصب شده است. سنسور طوری کالیبره شده است که 1 volt = 10 liters می‌باشد. مداری طراحی کنید که ولتاژ خروجی‌اش مصرف سوخت را به لیتر بر ثانیه فراهم کند به نحوی که 1 V = 1 l/s.

۵۹. قرار است یک باتری برای انرژی که می‌تواند به یک بار مقاومتی 1Ω حمل کند، مورد تست قرار گیرد. دو سیگنال در اختیار است: یکی سیگنال ولتاژ برای مربع ولتاژ باتری ($1 mV = 1 V^2$) و یک سیگنال ولتاژ برای نشان‌دادن مربع جریان خروجی باتری ($1 mV = 1 A^2$). مداری طراحی کنید که در آن ولتاژ خروجی متناسب با کل انرژی حمله شده باشد به طوری که 1 mV = 1 J انرژی تحویل‌شده به بار باشد.

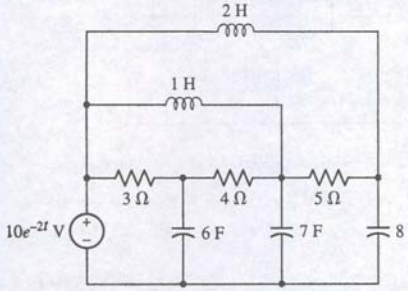
۶۰. مهندسین تست یک هواپیمای آزمایشی می‌خواهند شتاب منفی را در هنگام فرودآمدن اندازه بگیرند، زیرا آن‌ها در مورد سیستم تعلیق چرخ‌ها در ضمن فرود و میزان فشار بر آن تحقیق می‌کنند. اگر آن‌ها برای شما سیگنال ولتاژ از چرخ‌دنده‌ها را تهیه کنند به طوری که 1 mV = 1 mph باشد، مداری طراحی کنید که خروجی‌اش متناسب با شتاب منفی ($1 V = 1 km/s^2$) باشد.

۷.۶ دوگانگی

۶۱. (الف) دوگان دقیق مدار شکل ۷.۶۹ را بکشید. متغیرهای دوگان و مقادیر اولیه دوگان را مشخص نمایید. (ب) معادلات گرهی را برای مدار دوگان بنویسید. (ج) معادلات مش را برای مدار دوگان بنویسید.

۶۲. دوگان دقیق مدار شکل ۷.۵۱ را رسم کنید. مدار را به فرم مرتب و تمیز با گونیا برای مدار دوگان رسم نمایید.

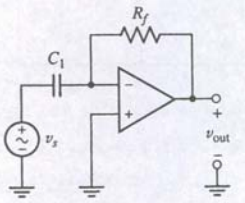
۶۳. دوگان دقیق در مدار شکل ۷.۷۳ را ترسیم نمایید. سعی کنید منظم باشد.



شکل ۷.۷۳

۶۴. (الف) دوگان دقیق مدار تمرین ۴۷ را رسم نمایید و در آن متغیرها را نشان دهید. (ب) دوگان مسئله را برای تمرین ۴۷ بنویسید. (ج) تمرین ۴۷ جدید را حل کنید.

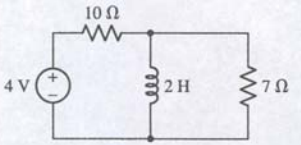
۶۵. دوگان مدار ۷.۷۴ را ترسیم کنید و عبارتی برای v_{out} برحسب v_s به‌دست‌آورید (راهنمایی: برای op amp از مدل مشروح استفاده کنید).



شکل ۷.۷۴

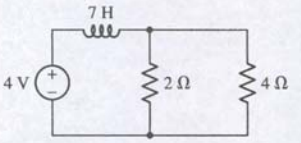
۷.۷ مدل‌سازی خازن‌ها و القاگرها با PSpice

۶۶. انرژی ذخیره‌شده در القاگر شکل ۷.۷۵ را محاسبه کنید. نتیجه خود را با PSpice چک کنید. نام مناسبی برای نتیجه انتخاب نمایید.



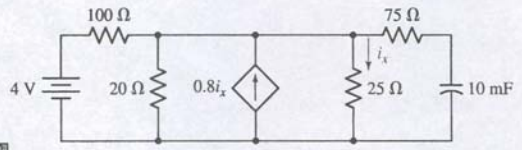
شکل ۷.۷۵

۶۷. انرژی ذخیره‌شده در القاگر شکل ۷.۷۶ را محاسبه نمایید. نتیجه حل را با PSpice مقایسه نمایید. نام مناسبی برای نتیجه انتخاب کنید.



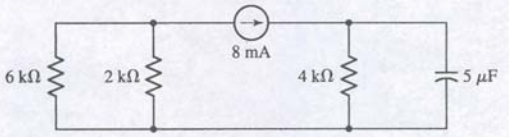
شکل ۷.۷۶

۶۸. انرژی ذخیره‌شده در خازن شکل ۷.۷۷ را محاسبه نمایید. نتیجه حل را با PSpice چک نمایید. نام مناسبی برای نتیجه انتخاب کنید.



شکل ۷.۷۷

۶۹. انرژی ذخیره‌شده در خازن شکل ۷.۷۸ را محاسبه نمایید. نتیجه حل را با PSpice چک نمایید. نام مناسبی برای نتیجه انتخاب کنید.



شکل ۷.۷۸

۷۰. برای op amp تفاضلی شکل ۷.۳۱، $C_1 = 5$ nF و $R_f = 100$ MΩ را اختیار کنید. (الف) اگر $v_s = 3 \sin 10t$ V باشد، خروجی را پیش‌بینی کنید. (ب) حل خود را با PSpice چک کنید. نام مناسبی برای حل انتخاب نمایید.

۷۱. با استفاده از PSpice نشان دهید که انرژی ذخیره‌شده در یک خازن $33\mu F$ در $t = 10^{-2}$s وقتی به منبع ولتاژ $v(t) = 5 \cos 75t$ V وصل است $221\mu J$ می‌باشد (راهنمایی: از قطعه VSIN استفاده کنید).

۷۲. با PSpice نشان دهید که انرژی ذخیره‌شده در یک القاگر 100pH در $t = 0.01$s وقتی که منبع جریان $i(t) = 5 \cos 75t$ A باشد برابر 669pJ است (راهنمایی: از قطعه ISIN استفاده نمایید).

۷۳. برای مدار شکل ۷.۷۲، R_1 و L_f را طوری انتخاب کنید که خروجی دو برابر مشتق ولتاژ ورودی باشد که ولتاژ ورودی هم $v_s = A \cos 2M10^3 t$ V است. صحت طراحی را با PSpice مشخص کنید.

۷۴. مسئله ۷.۷۱ را با $v(t) = 5 \cos 75t - 7$ V تکرار کنید.

۷۵. مسئله ۷.۷۲ را با $i(t) = 5 \cos 75t - 7$ تکرار کنید.