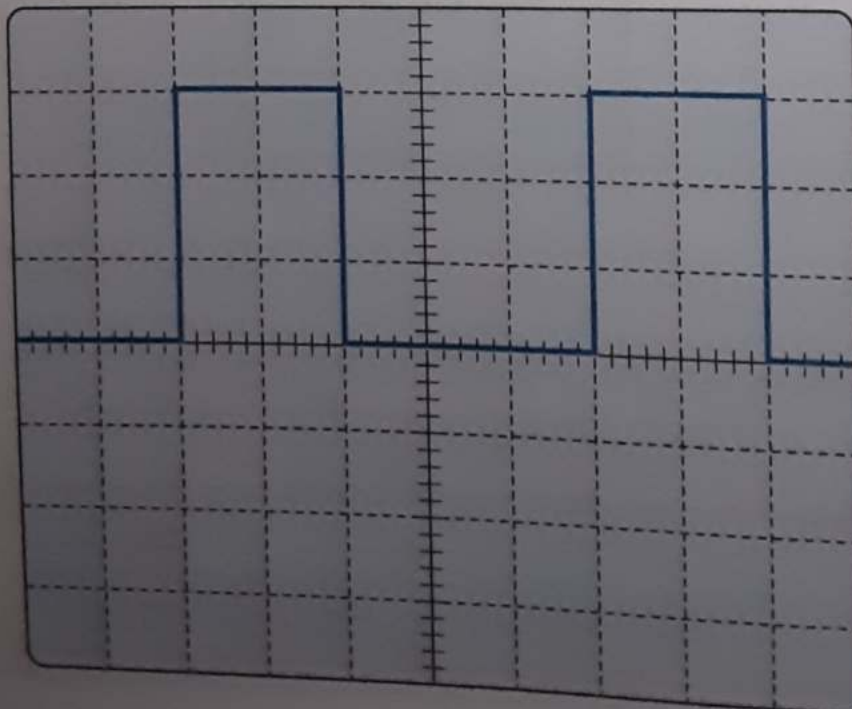
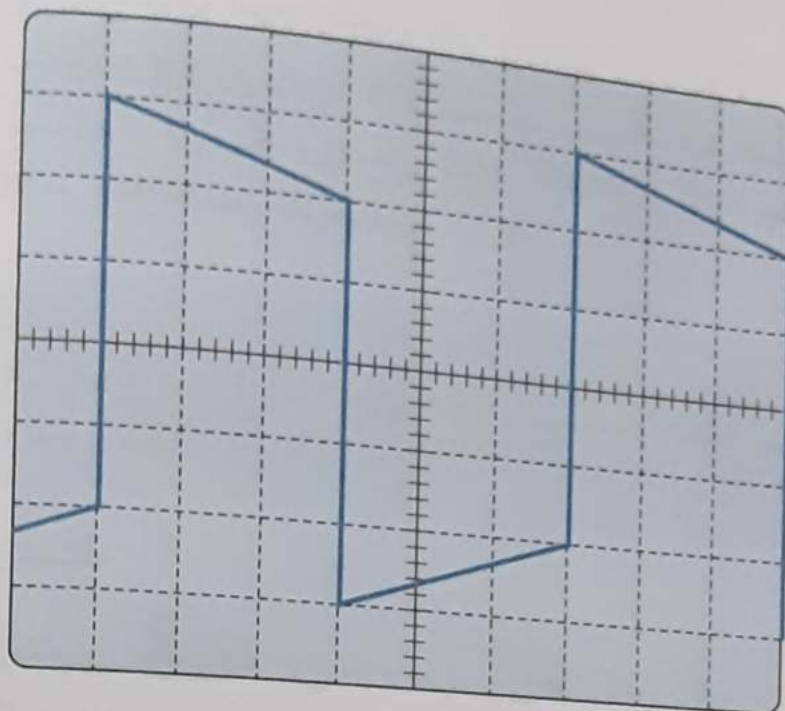


- ۱-۱. این مفاهیم را تعریف کنید: موج تکرار شونده، موج متناوب، موج نامتناوب.
- ۲-۱. شکل موجهای زیر را رسم کنید: مربعی، پالسی، مثلثی، دندان اره‌ای، نمایی.
- ۳-۱. برای یک شکل موج پالسی این مقادیر را تعریف کنید: لبه صعودی، لبه نزولی، لبه پایین رونده،  $T$ ،  $PRF$ ،  $PD$ ،  $PW$ ،  $PRR$ ، نسبت  $M/S$ ، زمان وظیفه.
- ۴-۱. برای شکل موج پالسی نشان داده شده در شکل م ۴-۱ مقادیر زیر را تعیین کنید: دامنه پالس،  $PW$ ،  $PRF$ ، زمان وظیفه، نسبت  $M/S$ ، مقیاس عمودی  $V$  ۰/۱ بر فاصله و مقیاس افقی  $ms$  ۱ بر فاصله است.
- ۵-۱. (الف) زمان صعود، زمان نزول و کجی را تعریف کنید.
- (ب) درصد کجی موج مربعی شکل م ۵-۱ را به دست آورید.
- ۶-۱. برای موج شکل م ۶-۱ این مقادیر را به دست آورید: دامنه پالس، کجی،  $t_r$ ،  $t_f$ ،  $PW$ ،  $PRF$ ، نسبت  $M/S$  و زمان وظیفه. مقیاس عمودی  $V$  ۱ بر قسمت و مقیاس افقی  $\mu s$  ۱۰ بر قسمت است.

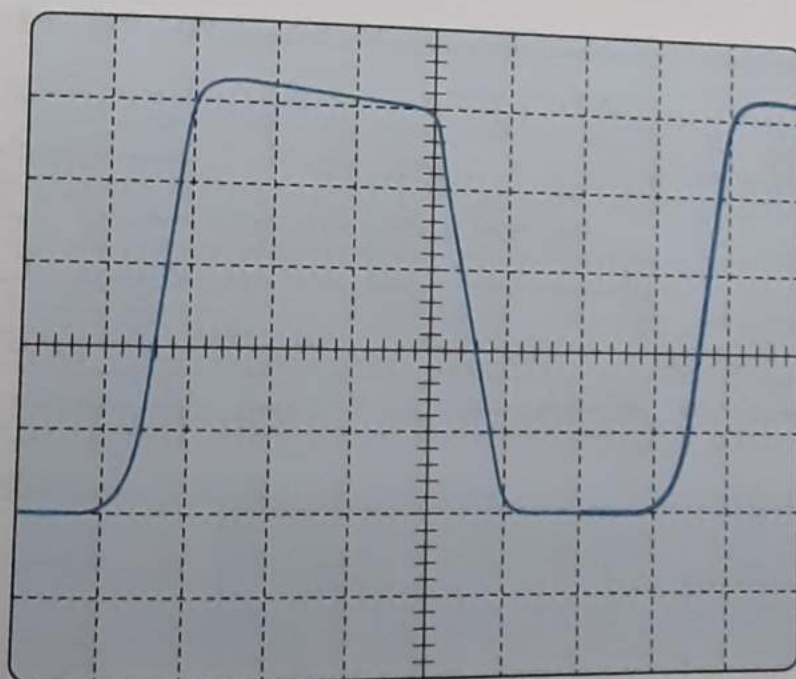


0.1 V/div  
1ms/div

شکل م ۴-۱ مسئله ۴-۱ را ببینید.



شکل م ۵-۱ مسئله ۵-۱ را ببینید.



10  $\mu$ s/div  
1V/div

شکل م ۶-۱ مسئله ۶-۱ را ببینید.

۷-۱. اگر هر یک از موجهای پالسی شکل م ۷-۱ را به ولت متر dc بدهیم، چه مقداری را نشان می دهد؟  
۸-۱ (الف) این اصطلاحات را تعریف کنید: هارمونیک اصلی، تحلیل فوریه، حوزه فرکانس، حوزه زمان.  
(ب) به ازای حالات زیر بالاترین هارمونیک خروجی تقویت کننده ای با فرکانس قطع بالای ۱ MHz را تعیین کنید.

(i) ورودی یک موج مربعی با فرکانس ۱۰ kHz است.

(ii) ورودی یک موج مربعی با فرکانس ۱۵۰ kHz است.

۱-۱۰. نشان دهید که نمایش سری فوریه موج مثلثی شکل ۹-۱ (ب) به صورت زیر است

$$v(t) = \frac{A}{\pi} - \frac{2A}{\pi^2} \cos \omega_0 t - \frac{2A}{(2\pi)^2} \cos(2\omega_0 t) - \frac{2A}{(3\pi)^2} \cos(3\omega_0 t) - \dots$$

آهنگ کاهش دامنه هارمونیکهای موجهای دندان اره‌ای و مثلثی شکل م ۹-۱ را مقایسه کنید و نتیجه را توجیه کنید.

۱۱-۱. یک موج مثلثی با مقدار متوسط صفر رسم کنید که بین مقادیر  $10\text{ V}$  و  $-10\text{ V}$  نوسان کند و زمان تناوب آن  $50\text{ }\mu\text{s}$  باشد. با استفاده از مسئله ۱-۱۰ سری فوریه این موج مثلثی را بیابید. فرکانس اولین هارمونیک را که دامنه آن از ۱٪ دامنه هارمونیک اصلی کوچکتر است، بیابید.

۱۲-۱. شکل موج مربعی تقویت شده با مداری را رسم کنید که (الف) پاسخ فرکانس پایین آن بد است؛ (ب) پاسخ فرکانس بالای آن بد است؛ (ج) فرکانسهای بالا را بیش از حد تقویت می‌کند؛ (د) پاسخ به فرکانسهای پایین و فرکانسهای بالای آن بد است.

۱۳-۱. با شبیه‌سازی کامپیوتری نشان دهید که عبور یک شکل موج مربعی از سیستمی که فرکانسهای بالا را تقویت می‌کند، باعث ایجاد نوسانهای میرای انعکاسی در شکل موج خروجی می‌شود.

۱۴-۱. (الف) مداری که فرکانس قطع بالای آن  $1\text{ MHz}$  است، یک موج پالسی  $12\text{ kHz}$  را تقویت می‌کند. برای این که تقویت بدون اعوجاج باشد، حداقل عرض پالس را تعیین کنید.

(ب) اگر زمان وظیفه موج  $12\text{ }\mu\text{s}$  کیلوهرتز  $5\%$  شود، حداقل فرکانس قطع بالای مدار برای تقویت بدون اعوجاج را به دست آورید.

۱۵-۱. موج مربعی خروجی یک تقویت کننده دارای فرکانس  $1\text{ kHz}$ ،  $t_r = 350\text{ ns}$  و  $t_f = 5\%$  کجی است. فرکانس قطع بالا و پایین تقویت کننده را به دست آورید.

۱۶-۱. اگر باند عبور یک تقویت کننده از  $10\text{ Hz}$  تا  $500\text{ kHz}$  باشد، زمان صعود و کجی موج مربعی خروجی آن چقدر است؟ فرکانس موج مربعی ورودی را  $5\text{ kHz}$  فرض کنید.

۱۷-۱. مسئله ۱-۱۶ را با شبیه‌سازی کامپیوتری حل کنید.

۱۸-۱. پهنای باند مداری را که موج نشان داده شده در شکل م ۹-۱ خروجی آن است به دست آورید.

۱۹-۱. فرکانس قطع پایین یک تقویت کننده  $1\text{ Hz}$  است و کجی خروجی آن نباید از ۱٪ بیشتر شود، حداقل فرکانس موج مربع ورودی این تقویت کننده را پیدا کنید.

۲۰-۱. فرکانس قطع بالای یک اسیلوسکوپ  $10\text{ MHz}$  است. (الف) کوچکترین زمان صعودی که این اسیلوسکوپ می‌تواند نمایش دهد، چقدر است؟ (ب) اگر زمان صعود پالس ورودی  $t_r = 30\text{ ns}$  باشد، زمان صعود موج نشان داده شده چقدر است؟

۲۱-۱. نماد منطقی دروازه XOR را رسم کنید و جدول درستی آن را بنویسید.

۲۲-۱. نماد منطقی دروازه XNOR را رسم کنید و جدول درستی آن را بنویسید.

۲۳-۱. یک مدار منطقی برای ایجاد خروجی  $X = (ABC + BC)(\overline{B} + D)$  طرح کنید.

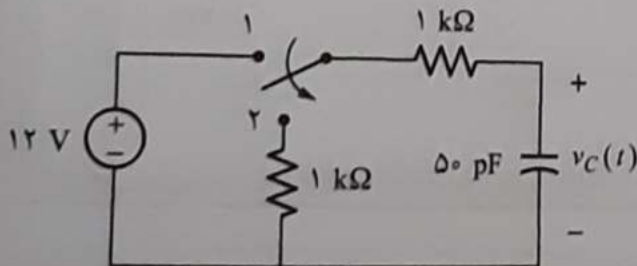
۲۴-۱. یک مدار منطقی برای ایجاد خروجی  $X = (\overline{A}\overline{B} + \overline{B}\overline{C} + \overline{C}\overline{D})(\overline{A}\overline{B} + D\overline{C})$  طرح کنید.

۲۵-۱. می‌خواهیم هنگام بیرون آوردن کلید خودرو، در صورتی که چراغهای جلو روشن باشد یک سوت به صدا درآید. همچنین می‌خواهیم در صورت بودن کلید روی خودرو و باز بودن در طرف راننده خودرو هم،



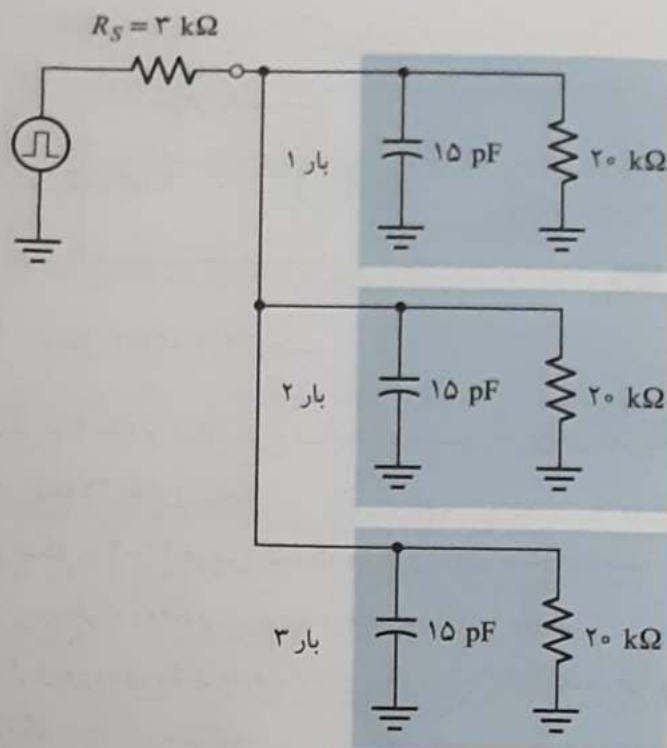
## پرسش و مسئله

- ۱-۲ منظور از مدار مرتبه اول چیست؟ چند سیستم نام ببرید که بتوان آنها را با مدارهای مرتبه اول مدل کرد.
- ۲-۲ مدارهای مرتبه اول را سیستم تک قطبی، و سیستم تک ثابت زمانی نیز می نامند. در مورد هر یک از این نامها توضیح دهید و بگویید به رفتار مدار در حوزه زمان اشاره دارد یا حوزه فرکانس.
- ۳-۲ یک خازن  $10 \mu F$  توسط یک مقاومت  $10 k\Omega$  توسط یک منبع  $5 V$  پر می شود. اگر ولتاژ اولیه خازن  $2 V$  باشد، ولتاژ آن را در  $t = 50 ms$  حساب کنید.
- ۴-۲ در مسئله ۳-۲ جریان خازن در  $t = 35 ms$  را به دست آورید.
- ۵-۲ در مسئله ۳-۲ زمان لازم برای رسیدن ولتاژ خازن به  $4.5 V$  را حساب کنید.
- ۶-۲ یک خازن  $47 \mu F$  با یک منبع جریان  $1 mA$  پر می شود. ولتاژ خازن را در  $10 ms$  و در  $17 ms$  بعد از شروع پر شدن حساب کنید.
- ۷-۲ می خواهیم ولتاژ یک خازن  $1000 \mu F$  را طی ۱ ساعت از صفر به  $V_C = 3 V$  برسانیم. جریان ثابت لازم برای این کار را پیدا کنید.
- ۸-۲ معادله ولتاژ روی خازن مدار شکل م ۸-۲ را بیابید. در  $t = 0$  کلید از وضعیت ۲ به وضعیت ۱ می رود. چقدر طول می کشد تا ولتاژ روی خازن به  $6 V$  برسد؟ زمان صعود ولتاژ روی خازن را بیابید.
- ۹-۲ معادله ولتاژ روی خازن مدار شکل م ۸-۲ را بیابید. در  $t = 0$  کلید از وضعیت ۱ به وضعیت ۲ می رود. چقدر طول می کشد تا ولتاژ روی خازن به  $6 V$  برسد؟ زمان نزول ولتاژ روی خازن را بیابید.



شکل م ۸-۲ مدار مسئله ۸-۲.

- ۱۰-۲ یک دروازه منطقی را می توان به صورت کلیدی که با مقاومت  $4 k\Omega$  به منبع تغذیه  $15 V$  متصل است مدل کرد. مقاومت کلید روشن  $100 \Omega$  و مقاومت کلید خاموش  $2 M\Omega$  است. خروجی این دروازه به بار  $6 k\Omega$  موازی با ظرفیت  $65 pF$  متصل است.
- (الف) مدار معادل این دروازه را در دو حالت بسته بودن و باز بودن کلید رسم کنید.
- (ب) کلید باید باز شود یا بسته، تا ولتاژ روی بار از مقداری کوچک به مقداری بزرگ تغییر یابد؟
- (ج) برای وضعیت بیان شده در بند (ب) زمان صعود ولتاژ روی بار را بیابید.
- ۱۱-۲ شکل م ۱۱-۲ یک منبع پالس را نشان می دهد که به سه بار مشابه موازی متصل شده است. عرض پالس تولید شده توسط این منبع  $1 \mu s$  و سطوح پایین و بالای آن  $0$  و  $15 V$  است. ولتاژ روی بارهای موازی را بیابید.
- ۱۲-۲ یک مدار  $RC$  پایین گذر و پاسخ فرکانسی آن را رسم کنید. رابطه فرکانس قطع بالا  $f_H$  و زمان صعود  $t_r$  پاسخ پله این مدار را به دست آورید.



شکل ۱۱-۲ مدار مسئله ۱۱-۲.

۱۳-۲. یک مدار  $RC$  بالاگذر و پاسخ فرکانسی آن را رسم کنید. رابطه فرکانس قطع پایین  $f_L$  و کجی پاسخ به پالس این مدار را به دست آورید.

۱۴-۲. خازن تزویج ورودی یک تقویت کننده  $30 \mu F$  و مقاومت ورودی آن  $20 k\Omega$  است. اگر بخواهیم پاسخ این مدار به ورودی موج مربعی، کمتر از ۵٪ کجی داشته باشد، حداقل فرکانس موج ورودی باید چقدر باشد؟  
 ۱۵-۲. یک اسیلوسکوپ موج مربعی  $5 Hz$  را با کجی ۶٪ نمایش می دهد. سیگنال ورودی یک موج مربعی کامل است و از طریق یک خازن  $47 \mu F$  به اسیلوسکوپ تزویج شده است. مقاومت ورودی اسیلوسکوپ را بیابید.

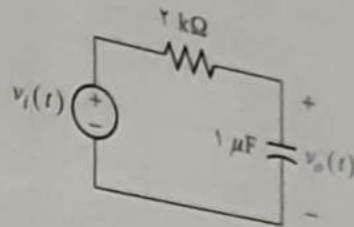
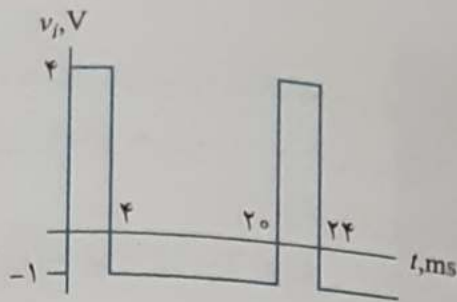
۱۶-۲. یک موج پالسی بر روی اسیلوسکوپ دارای زمان صعود  $100 ns$  است. زمان صعود موج ورودی اسیلوسکوپ از  $100 ns$  خیلی کمتر است. اگر مقاومت خروجی مولد پالس  $1 k\Omega$  باشد، ظرفیت خازن ورودی اسیلوسکوپ را تعیین کنید.

۱۷-۲. یک پله  $10-V$  به ترکیب سری خازن  $300 pF$  و مقاومت  $22 k\Omega$  اعمال می شود. زمان صعود ولتاژ خازن، زمان لازم برای رسیدن ولتاژ خازن به ۶۳٪ ولتاژ ماکزیمم، و زمان لازم برای پر شدن کامل خازن را حساب کنید.

۱۸-۲. اگر فرکانس موج مربعی اعمال شده به مدار شکل ۵-۲ (الف)  $250 Hz$  و دامنه آن  $15 V$  باشد، ولتاژ خازن در  $t = 7 ms$  را حساب کنید. مقادیر مقاومت و ظرفیت داده شده در مثال ۵-۲ را به کار ببرید.

۱۹-۲. برای مسئله ۱۸-۲، ماکزیمم و مینیمم ولتاژ ماندگار را حساب کنید. با رسم یک شکل رابطه  $v_C$  و موج مربعی ورودی را نشان دهید.

۲۰-۲. در مسئله ۱۸-۲ ماکزیمم و مینیمم جریان خازن را در حالت ماندگار به دست آورید. شکل موج جریان  $i_C$  و رابطه آن با  $v_C$  را نشان دهید.

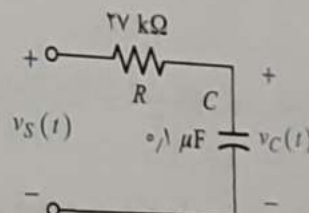
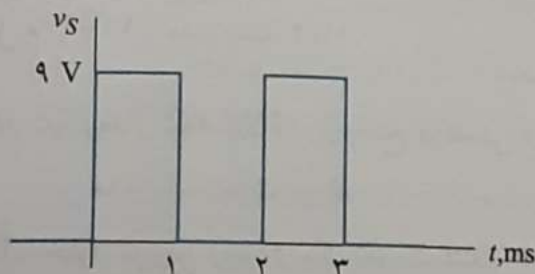


شکل م ۲۱-۲ مسائل ۲۱-۲ و ۲۲-۲ را ببینید.

۲۱-۲. مدار شکل م ۲۱-۲ و شکل موج نشان داده شده در آن را در نظر بگیرید. با تحلیل در حوزه زمان ولتاژ روی خازن در  $t = 27 \text{ ms}$  را بیابید.

۲۲-۲. در مدار شکل م ۲۱-۲ فرض کنید که موج ورودی متناوب است. شکل موج ولتاژ روی خازن را در حالت ماندگار رسم کرده، مقادیر می نیمم و ماکزیمم آن را بیابید.

۲۳-۲. برای مدار و ورودی نشان داده شده در شکل م ۲۳-۲، (الف)  $v_C$  و  $i_C$  در  $t = 2.5 \text{ ms}$  را بیابید. (ب) شکل موج ماندگار  $v_C$  را رسم کنید.



شکل م ۲۳-۲ مدار برای مسائل ۲۳-۲ و ۲۴-۲.

۲۴-۲. یک مدار انتگرالگیر با ورودی موج مربعی رسم کنید. شکل موج را به ازای (الف)  $RC \approx 10 \times PW$ ،

(ب)  $RC \approx \frac{1}{10} PW$ ، و (ج)  $RC \approx PW$  رسم کنید.

۲۵-۲. می خواهیم انتگرال یک ورودی موج مربعی با فرکانس  $2 \text{ kHz}$ ، و زمان وظیفه  $50\%$  را به دست آوریم. یک مدار انتگرالگیر مناسب طراحی کنید.

۲۶-۲. فرض کنید که در مسئله ۲۵-۲ مقاومت بار  $2 \text{ k}\Omega$  است. مدار مناسبی برای این حالت طراحی کنید.

۲۷-۲. یک قطار پالس با زمان وظیفه  $50\%$ ، دامنه  $A$ ، و مقدار متوسط صفر رسم کنید. انتگرال این شکل موج یک شکل موج پالسی با مقدار متوسط صفر است. این شکل موج را نیز رسم کنید، به نحوی که بتوانید آن را با شکل موج پالسی ورودی انتگرالگیر مقایسه کنید. ضریب انتگرالگیری را یک فرض کنید.

۲۸-۲. سری فوریه یک قطار پالس، با زمان وظیفه  $50\%$ ، دامنه  $A$ ، و مقدار متوسط صفر به صورت زیر است

$$v(t) = \frac{2A}{\pi} \sin \omega_0 t + \frac{2A}{3\pi} \sin 3\omega_0 t + \dots + \frac{2A}{n\pi} \sin n\omega_0 t + \dots$$

انتگرال این قطار پالس یک موج مثلثی با مقدار متوسط صفر است، که آن را در مسئله ۲۱-۲ به دست آوردید و رسم کردید. سری فوریه خروجی انتگرالگیر (موج مثلثی) را با انتگرالگیری از تک تک جملات سری فوریه قطار پالس ورودی انتگرالگیر به دست آورید.



۲۹-۲. یک پالس با دامنه  $5V$  و  $PW = 10\mu s$  به مدار  $RC$  شکل م ۲-۲۳ اعمال می شود. دامنه  $v_C$  در انتهای پالس را حساب کنید. اگر  $PW$  ورودی  $150\mu s$  و دامنه آن  $7.5V$  شود،  $v_C$  در انتهای پالس چه مقداری دارد؟

۳۰-۲. یک مدار مشتقگیر با ورودی موج مربعی رسم کنید. شکل موج خروجی را به ازای (الف)  $CR \approx \frac{1}{10} PW$ ، (ب)  $CR \approx 10 \times PW$  و (ج)  $CR \approx PW$  رسم کنید.

۳۱-۲. با توجه به نتیجه مسئله ۲-۲۸ توضیح دهید که انتگرالگیر باید مولفه های فرکانسی شکل موج ورودی را چگونه تغییر دهد.

۳۳-۲. با توجه به نتیجه مسئله ۲-۲۸ توضیح دهید که مشتقگیر باید مولفه های فرکانسی شکل موج ورودی را چگونه تغییر دهد.

۳۴-۲. یک موج مثلثی با دامنه قله به قله  $9V$  و فرکانس  $100Hz$  به یک مدار مشتقگیر با  $R = 1M\Omega$  و  $C = 100pF$  اعمال شده است. دامنه خروجی را بیابید و شکل موج خروجی را رسم کنید.

۳۵-۲. پالسی با  $t_r = 500ns$ ،  $t_f = 1\mu s$ ،  $PA = 12V$  و  $PW = 10\mu s$  به مدار مشتقگیری با  $C = 200pF$  و  $R = 470\Omega$  اعمال شده است. دامنه موج خروجی را بیابید و شکل آن را رسم کنید.

۳۶-۲. مسائل مربوط به بارگذاری مدارهای مشتقگیر و انتگرالگیر و روش غلبه بر آنها را شرح دهید.

۳۷-۲. برای بررسی شرط جبران کامل مدار پروب اسیلوسکوپ در حوزه زمان به این صورت عمل کنید. مدار

شکل ۲-۱۴ را در نظر گرفته، فرض کنید ورودی به صورت پله ای تغییر می کند. ولتاژ روی خازنها در

$t = 0^+$  را به دست آورید. توجه کنید که چون در این مدار یک حلقه متشکل از خازن و منبع ولتاژ وجود

دارد، ولتاژ روی خازن در  $t = 0^+$  لزوماً با ولتاژ در  $t = 0^-$  برابر نیست؛ به بیان دیگر ولتاژ خازن در این

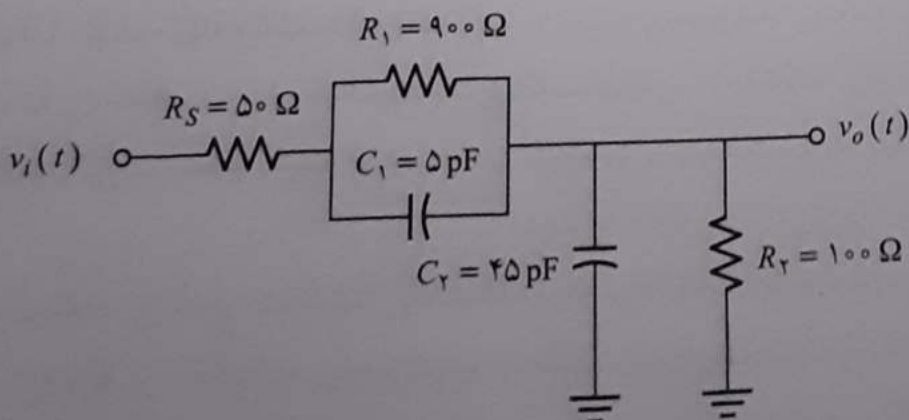
حالت می تواند به طور ناگهانی تغییر کند. سپس مقدار نهایی ولتاژ روی خازنها را نیز به دست آورید. برای

این که مدار در  $t > 0$  هیچ تغییری نداشته باشد، باید مقدار اولیه و مقدار نهایی ولتاژ خازنها یکی باشد. با

اعمال این شرط، نشان دهید که جبران کامل به ازای وضعیت زیر حاصل می شود

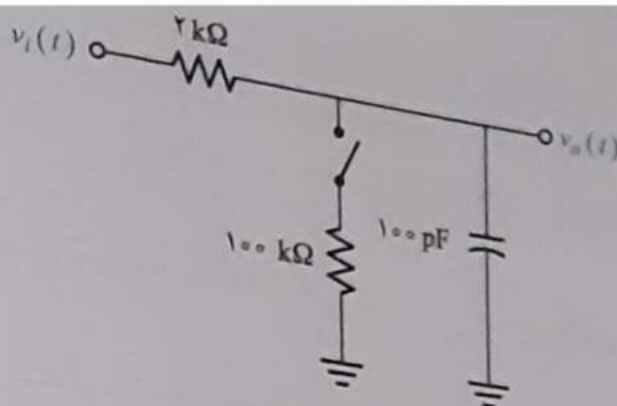
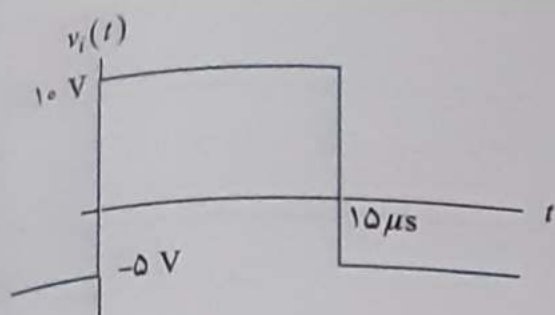
$$R_1 C_1 = C_i R_i$$

۳۸-۲. در مدار شکل م ۲-۳۸ ورودی یک ولتاژ پله ای با دامنه  $1V$  است.  $v_o$  را بیابید و آن را رسم کنید. استفاده از روش تبدیل لاپلاس می تواند حل مسئله را ساده کند.



شکل م ۲-۳۸ مدار مسئله ۲-۳۸.

۳۹-۲. در مدار شکل م ۲-۳۹ هنگامی که خروجی منفی می شود کلید باز است و هنگامی که خروجی مثبت می شود کلید بسته است. ولتاژ خروجی را بر حسب زمان رسم کنید و در آن تمام ثابت زمانی ها را مشخص کنید.



شکل م ۳۹-۲ مدار مسئله ۳۹-۲.

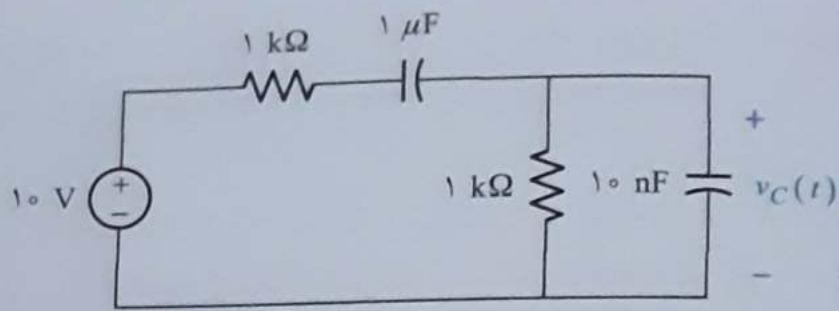
### مسائل شبیه سازی

۳۵۰ kHz قطع ۳۵۰ kHz در فصل ۱، مثال ۱-۶، خروجی حاصل از اعمال یک پالس به یک فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۳۵۰ kHz را بررسی کردیم و دیدیم که زمان صعود برابر  $1 \mu s$  است، که با نتیجه به دست آمده از معادله (۲-۲۰) سازگار است. زمان صعود خروجی یک فیلتر پایین گذر مرتبه دوم دارای فرکانس قطع ۳۵۰ kHz را با شبیه سازی به دست آورید. چه نتیجه ای می توان گرفت؟

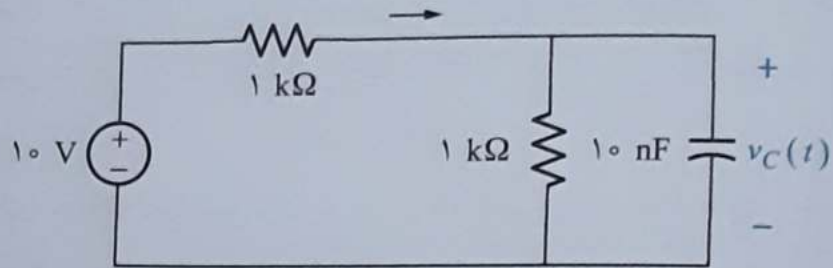
۴۱-۲. مدار مثال ۲-۱۳ را با اسپایس شبیه سازی کنید. شاید لازم باشد برای دیدن جزئیات رفتار مدار مقدار عناصر را کمی تغییر دهید. توجه کنید که در این مثال دو ثابت زمانی بسیار متفاوت هستند و به همین خاطر دیدن همزمان تمام تغییرات مشکل است. با بزرگتر کردن خازن  $10 \text{ nF}$  می توانید دو ثابت زمانی را کمی به هم نزدیکتر کنید تا بتوانید رفتار مرتبه دوم مدار را بهتر مشاهده کنید.

۴۲-۲. با شبیه سازی کامپیوتری رفتار مدارهای RC به ازای ورودی موج مربعی را بررسی کنید. سه حالت توصیف شده در مسئله ۲-۲۴ را در نظر بگیرید.

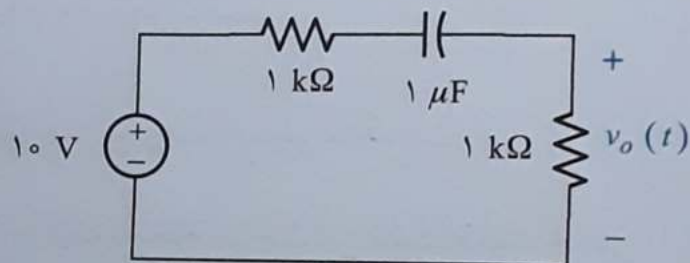




(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۲-۱۳ مداری با دو خازن که ثابت زمانهای بسیار متفاوتی دارد.