פתרון תרגיל 6

1. א.

$$y(t)=\int_{-\infty}^{\infty} y(\tau)h(t-\tau)d\tau=\int_{-\infty}^{\infty} 2\sin(\omega\tau)u(\tau)e^{-\alpha(t-\tau)}u(t-\tau)d\tau$$

$$u(\tau)=1 \quad @ \quad \tau\geq 0$$
$$u(t-\tau)=1 \quad @ \quad t-\tau\geq 0 \Rightarrow t\geq\tau$$

<u>הערה</u>: בד"כ,כאשר x(t) או h(t) כוללים exp, נבחר בגרסה של האינטגרל, שבה $t-\tau$ יופיע ב-exp, כיוון שכך נוח להפריד את התלות ב-t מהתלות ב- τ.
גבולות האינטגרציה מצטמצמים ל- 0 עד t ,בגלל $u(\tau)$ ו $u(t-\tau)$.

$$\int e^{ax}\sin(bx)dx=\frac{e^{ax}[a\sin(bx)-b\cos(bx)]}{a^2+b^2}$$
$$\Downarrow$$

$$y(t)\underset{t\geq 0}{=}2e^{-\alpha t}\int_0^t e^{\alpha\tau}\sin(\omega\tau)d\tau=2e^{-\alpha t}\{\frac{e^{\alpha\tau}[\alpha\sin(\omega\tau)-\omega\cos(\omega\tau)]}{\alpha^2+\omega^2}\}_0^t=$$

$$2e^{-\alpha t}\frac{1}{\alpha^2+\omega^2}\{e^{\alpha t}[\alpha\sin(\omega t)-\omega\cos(\omega t)]+\omega\}=$$

$$=2\frac{\alpha\sin(\omega t)-\omega\cos(\omega t)}{\alpha^2+\omega^2}+\frac{2\omega}{\alpha^2+\omega^2}e^{-\alpha t}$$

$$y(t)=[2\frac{\alpha\sin(\omega t)-\omega\cos(\omega t)}{\alpha^2+\omega^2}+\frac{2\omega}{\alpha^2+\omega^2}e^{-\alpha t}]u(t)$$

ב.

$$y(t)=\int_{-\infty}^{\infty}x(t-\tau)h(\tau)d\tau=\int_{-\infty}^{\infty}h(t-\tau)x(\tau)d\tau=\int_{-\infty}^{\infty}\sin[\omega(t-\tau)]u(t-\tau)\cos(\omega\tau)u(\tau)d\tau=$$

$$=\int_0^t\sin[\omega(t-\tau)]\cos(\omega\tau)d\tau=$$

$$=\int_0^t\sin(\omega t)\cos^2(\omega\tau)d\tau-\int_0^t\cos(\omega t)\sin(\omega\tau)\cos(\omega\tau)d\tau=$$

$$=\sin(\omega t)\int_0^t\cos^2(\omega\tau)d\tau-\cos(\omega t)\frac{1}{2}\int_0^t\sin(2\omega\tau)d\tau=$$

$$=\frac{\sin(\omega t)}{\omega}[\frac{1}{4}\sin(2\omega\tau)+\frac{\omega\tau}{2}]_0^t+\frac{1}{2}\cos(\omega\tau)\bullet\frac{1}{2\omega}[\cos(2\omega\tau)]_0^t=$$

$$=\frac{1}{4\omega}\sin(\omega t)\sin(2\omega t)+\frac{1}{2}t\sin(\omega t)+\frac{1}{4\omega}\cos(\omega t)\cos(2\omega t)-\frac{1}{4\omega}\cos(\omega t)=$$

$$=\frac{1}{4\omega}[\sin(\omega t)\sin(2\omega t)+\cos(\omega t)\cos(2\omega t)]-\frac{1}{4\omega}\cos(\omega t)+\frac{1}{2}t\sin(\omega t)=$$

$$=\frac{1}{4\omega}\cos(\omega t)-\frac{1}{4\omega}\cos(\omega t)+\frac{1}{2}t\sin(\omega t)\quad t\ge 0$$

$$y(t)=[\frac{1}{4\omega}\cos(\omega t)-\frac{1}{4\omega}\cos(\omega t)+\frac{1}{2}t\sin(\omega t)]u(t)$$

כפלנו ב-u(t), כי בפתרון האינטגרל הנחנו, ש- t>=0, (אחרת הגבול העליון קטן מהתחתון ומקבלים אפס).

ג.

$$y(t)=\int_{-\infty}^{\infty}[u(t-\tau)-u(t-\tau-4)]6\tau u(\tau)d\tau$$

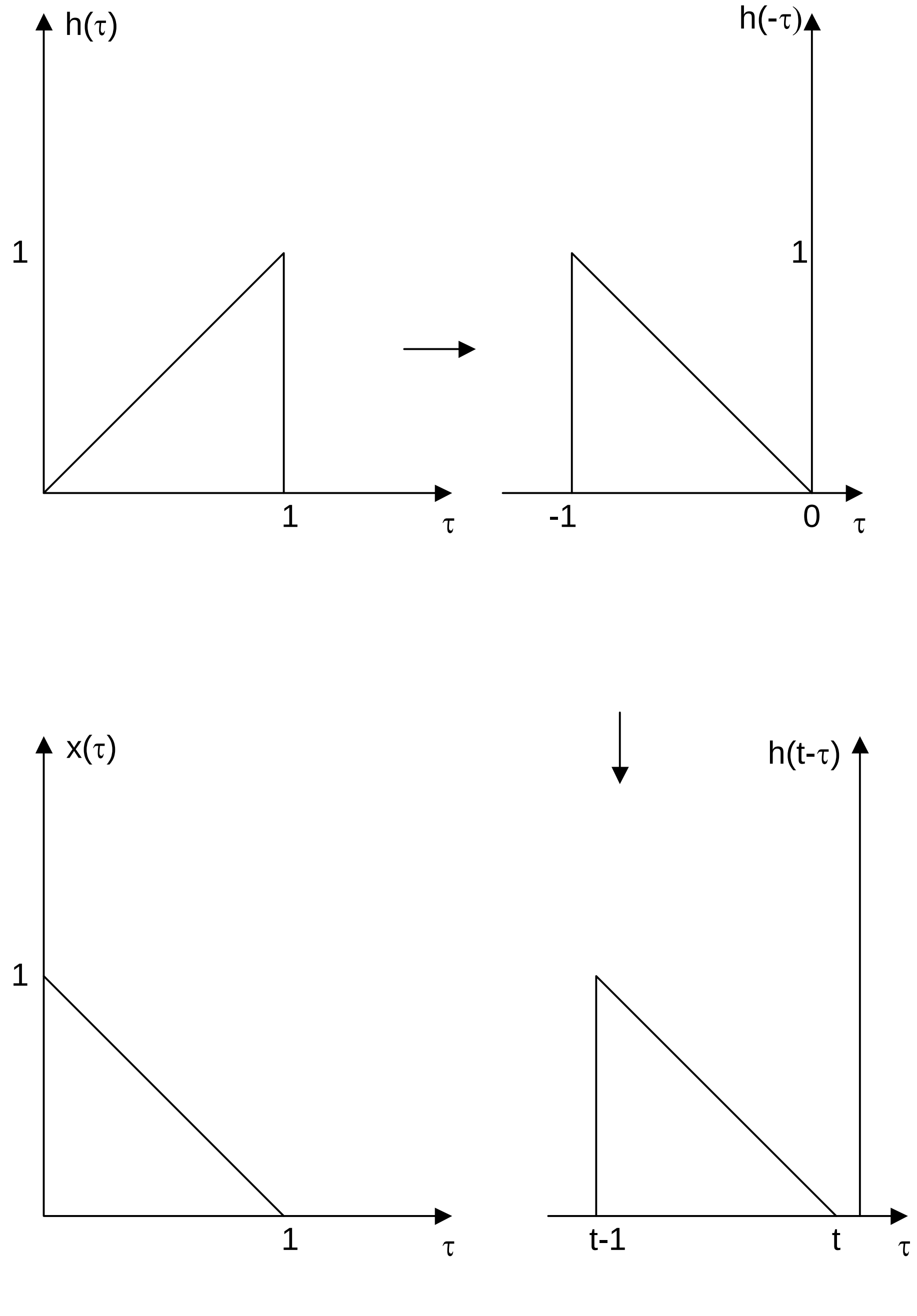
<u>הערה</u>: כאשר x(t) או y(t) בצורת פולס ריבועי (כאן x(t)), אזי בפתרון האנליטי נציב $t-\tau$ בביטוי המכיל פולס (כאן $x(t-\tau)$), משום שאז כל השפעת $t-\tau$ היא על תחומי האינטגרציה.

$$y(t)=6\int_{-\infty}^{\infty}[u(t-\tau)-u(t-\tau-4)]\tau u(\tau)d\tau$$

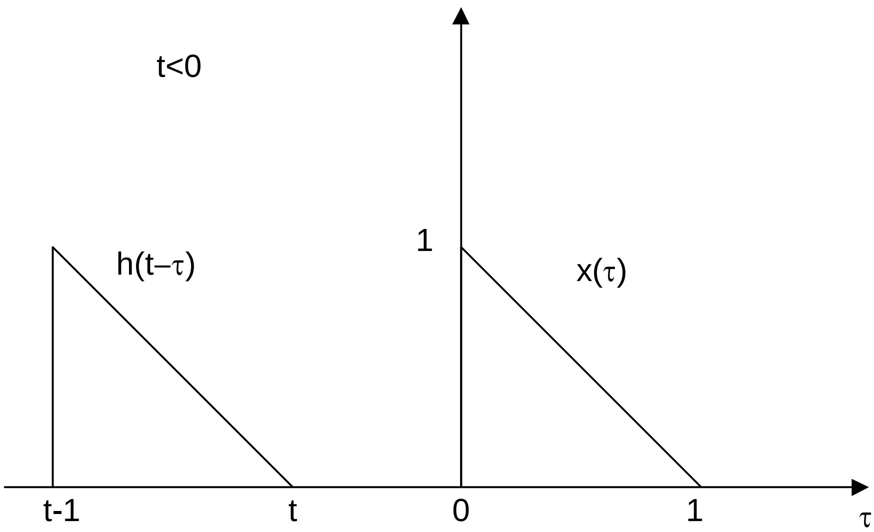
$$=\underset{t\ge 0}{\underline{\underline{6\int_0^t\tau d\tau}}}-\underset{t-4\ge 0}{\underline{\underline{6\int_0^{t-1}\tau d\tau}}}=-\begin{cases}6\int_0^t\tau d\tau & 0\le t\le 4\\ 6\int_0^t\tau d\tau-6\int_0^{t-4}\tau d\tau & t\ge 4\end{cases}=\begin{cases}3t^2 & 0\le t\le 4\\ 24t-48 & t\ge 4\end{cases}=$$

$$3t^2[u(t)-u(t-4)]+(24t-48)u(t-4)$$

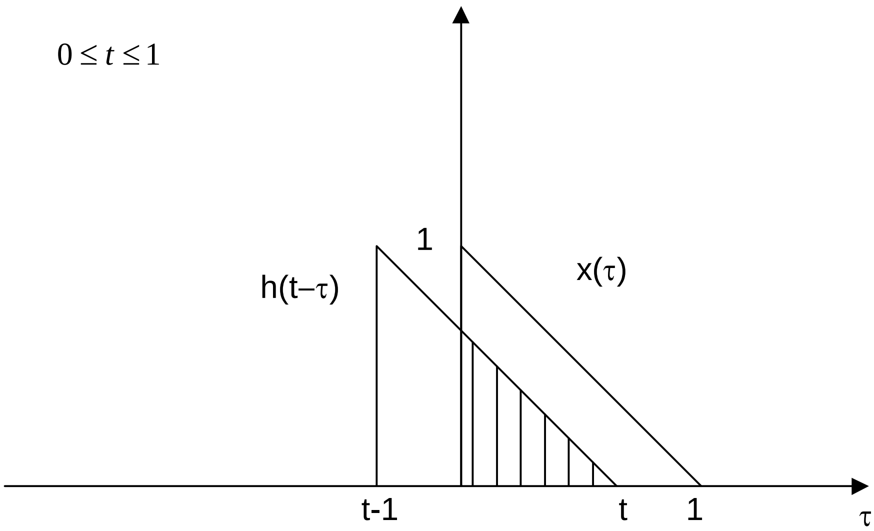
2. מאחר שהצורה של $x(t)$ ושל $h(t)$ דומות, אין משמעות, במי מהן נציב $t - \tau$. נהפוך ונזיז את $h(t)$.



עלינו לבצע אינטגרציה של מכפלת הפונקציות לכל ערך של t.
נחלק את האינטגרל לקטעים:



בתחום t < 0 אין חפיפה בין הפונקציות, ולכן y(t)=0.

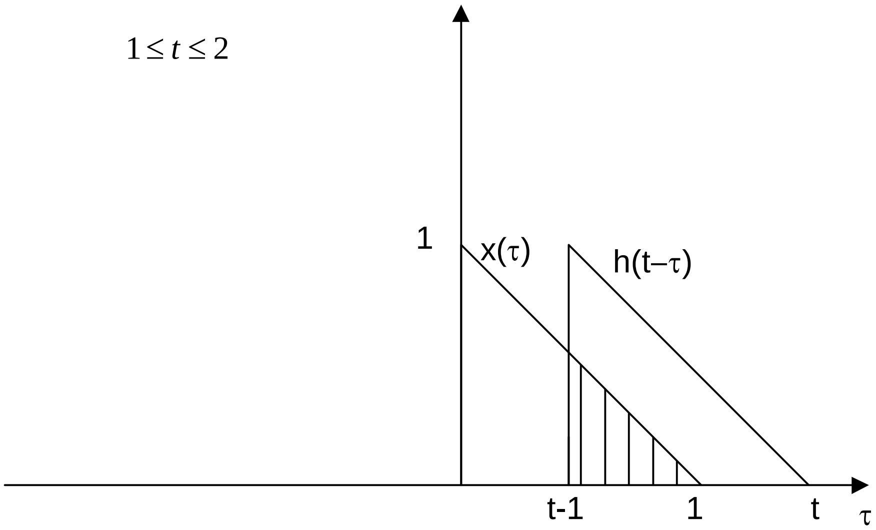


$$y(t) = \int_0^t \underbrace{(1-\tau)}_{x(\tau)} \underbrace{(t-\tau)}_{h(t-\tau)} d\tau = \int_0^t (t - \tau - \tau t + \tau^2) d\tau =$$

$$= t\int_0^t d\tau - \frac{\tau^2}{2}\Big|_0^t - t\frac{\tau^2}{2}\Big|_0^t + \frac{\tau^3}{3}\Big|_0^t =$$

$$= t^2 - \frac{1}{2}t^2 - \frac{1}{2}t^3 + \frac{1}{3}t^3 = -\frac{1}{6}t^3 + \frac{1}{2}t^2 \quad 0 \le t \le 1$$

$1 \le t \le 2$



$$y(t) = \int_{t-1}^{1} (1-\tau)(t-\tau)d\tau = \int_{t-1}^{1} (t - \tau - \tau t + \tau^2)d\tau =$$

$$= \int_{t-1}^{1} t d\tau - \int_{t-1}^{1} (1+t)\tau d\tau + \int_{t-1}^{1} \tau^2 d\tau = t\int_{t-1}^{1} d\tau - (1+t)\frac{\tau^2}{2}\Big|_{t-1}^{1} + \frac{\tau^3}{3}\Big|_{t-1}^{1} =$$

$$t(2-t) - (1+t)[\frac{1}{2} - \frac{(t-1)^2}{2}] + [\frac{1}{3} - \frac{(t-1)^3}{3}]$$

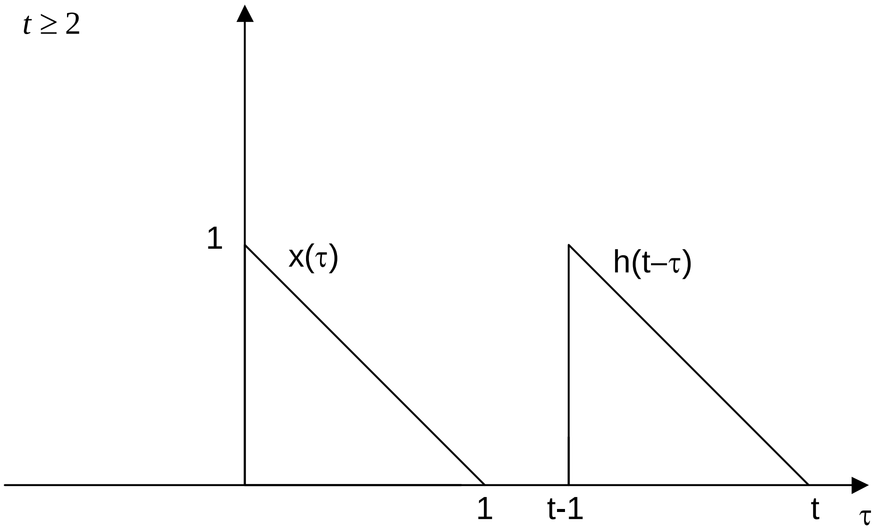
$$2t - t^2 - \frac{1}{2} - \frac{t}{2} + (1+t)\frac{t^2 - 2t + 1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{(t-1)^3}{3} =$$

$$= -t^2 + \frac{3}{2}t - \frac{1}{2} + \frac{t^2 - 2t + 1 + t^3 - 2t^2 + t}{2} + \frac{1}{3} - \frac{t^3 - 3t^2 + 3t - 1}{3}$$

$$= \underline{-t^2} + \frac{3}{2}t - \underline{\underline{\frac{1}{2}}} + \frac{t^3}{2} - \frac{t^2}{2} - \frac{t}{2} + \underline{\underline{\frac{1}{2}}} + \frac{1}{3} - \frac{t^3}{3} \underline{+t^2} - t + \frac{1}{3} =$$

$$= \frac{1}{6}t^3 - \frac{1}{2}t^2 + \frac{2}{3} \quad 1 \le t \le 2$$

$t \ge 2$

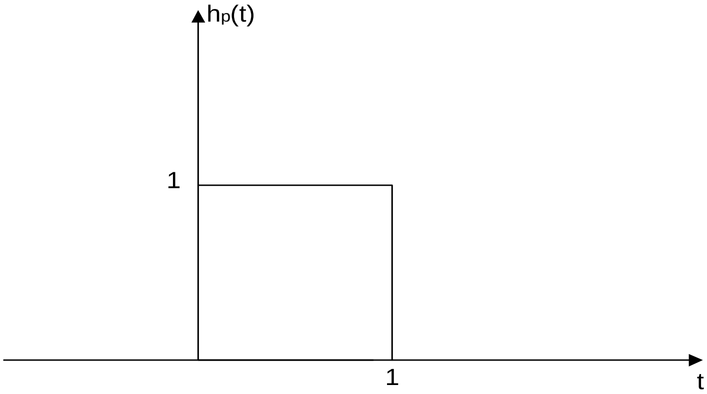


גם בקטע זה אין חפיפה, כך ש-:

$$y(t) = 0 \quad t \ge 2$$

לבדיקת הפתרון מומלץ לוודא הרציפות ב"תפר" בין הקטעים.

ב. נגדיר:

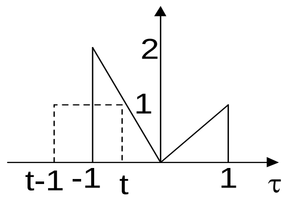


נמצא תחילה את התגובה ל- $h_p(t)$, שנסמן כ- $y_p(t)$. היות ו- $h(t)=h_p(t)+h_p(t-2)$, הודות ללינאריות $y(t)=y_p(t)+y_p(t-2)$.

מציאת $y_p(t)$:

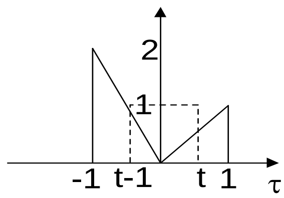
$t\le -1$: אין חפיפה, ולכן $y_p(t)=0$.

$-1\le t\le 0$:



$$y_p(t)=\int_{-1}^{t}-2\tau d\tau=-t^2+1$$

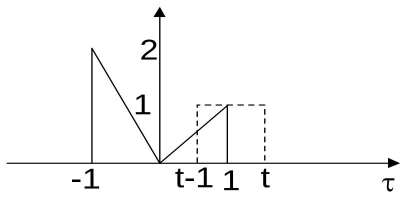
$0\le t\le 1$:



נפריד לשני אינטגרלים:

$$y_p(t)=\int_{t-1}^{0}-2\tau d\tau+\int_0^t \tau d\tau=(t-1)^2+\frac{t^2}{2}=t^2-2t+1+\frac{t^2}{2}=\frac{3}{2}t^2-2t+1$$

$1\le t\le 2$:



$$y_p(t)=\int_{t-1}^{1}\tau d\tau=\frac{1}{2}-\frac{1}{2}(t^2-2t+1)=-\frac{1}{2}t^2+t$$

$2\le t$: אין חפיפה: $y_p(t)=0$.

מציאת $y(t)$: $y(t)=y_p(t)+y_p(t-2)$. בכל קטע נציב את t ואת t-2 בהתאמה.

יש לשים לב, שמאחר ש-$h(t)$ ארוכה מ- $h_p(t)$, תחום החפיפה גדל.

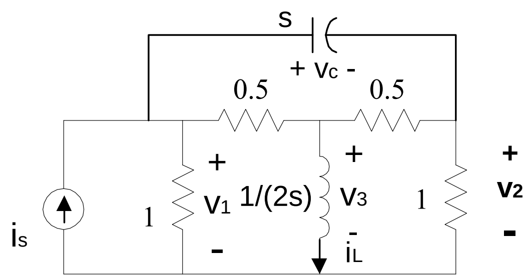
$$y_p(t)=(1-t^2)[u(t+1)-u(t)]+(\frac{3}{2}t^2-2t+1)[u(t)-u(t-1)]+(-\frac{1}{2}t^2+t)[u(t-1)-u(t-2)]$$

$$y_p(t-2)=[1-(t-2)^2][u(t-1)-u(t-2)]+[\frac{3}{2}(t-2)^2-2(t-2)+1][u(t-2)-u(t-3)]+$$
$$+[-\frac{1}{2}(t-2)^2+t-2][u(t-3)-u(t-4)]$$

$$y(t)=(1-t^2)[u(t+1)-u(t)]+(\frac{3}{2}t^2-2t+1)[u(t)-u(t-1)]+$$
$$+[-\frac{1}{2}t^2+t+1-(t-2)^2][u(t-1)-u(t-2)]+[\frac{3}{2}(t-2)^2-2(t-2)+1][u(t-2)-u(t-3)]+$$
$$+[-\frac{1}{2}(t-2)^2+t-2][u(t-3)-u(t-4)]$$

להנאתכם פישוט התוצאות ובדיקת השוויון בגבולות בין הקטעים.

3. נוסיף לצד כל רכיב את מוליכותו: לנגד $\frac{1}{\mathrm{R}}$, לסליל $\frac{1}{sL}$ ולקבל sC .
כמו-כן, נסמן ב-v3 את המתח על-פני הסליל.



נרשום את משוואות הצמתים:

$$\begin{pmatrix} 1+0.5+s & -s & -0.5 \\ -s & 1+0.5+s & -0.5 \\ -0.5 & -0.5 & 0.5+0.5+1/(2s) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i_s \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

נחשב תחילה את הדטרמיננטה של המטריצה:

$$\det = (\frac{3}{2}+s)[(\frac{3}{2}+s)(1+\frac{1}{2s})-\frac{1}{4}]+s[(-s)(1+\frac{1}{2s})-\frac{1}{4}]-$$

$$-\frac{1}{2}(\frac{s}{2}+\frac{3}{4}+\frac{s}{2})=$$

$$=(\frac{3}{2}+s)[\frac{3}{2}+s+\frac{3}{4s}+\frac{1}{2}-\frac{1}{4}]+s(-s-\frac{1}{2}-\frac{1}{4})-$$

$$-\frac{1}{2}(\frac{s}{2}+\frac{3}{4}+\frac{s}{2})=$$

$$=(\frac{3}{2}+s)(\frac{7}{4}+s+\frac{3}{4s})-s(s+\frac{3}{4})-\frac{1}{2}(s+\frac{3}{4})=$$

$$=\frac{21}{8}+\frac{3s}{2}+\frac{9}{8s}+\frac{7s}{4}+s^2+\frac{3}{4}-s^2-\frac{3s}{4}-\frac{s}{2}-\frac{3}{8}=$$

$$=3+2s+\frac{9}{8s}$$

נחלץ את v1 ואת v2 על-פי כלל קרמר:

$$v_1 = \frac{\begin{vmatrix} i_s & -s & -0.5 \\ 0 & 1+0.5+s & -0.5 \\ 0 & -0.5 & 0.5+0.5+1/(2s) \end{vmatrix}}{\det} =$$

$$= \frac{i_s[(\frac{3}{2}+s)(1+1/2s)-\frac{1}{4}]}{3+2s+\frac{9}{8s}} = \frac{i_s(\frac{3}{2}+s+\frac{3}{4s}+\frac{1}{2}-\frac{1}{4})}{3+2s+\frac{9}{8s}} = \frac{i_s(\frac{7}{4}+s+\frac{3}{4s})}{3+2s+\frac{9}{8s}}$$

נכפול שני האגפים במכנה וכן ב-8s:

$$v_1(16s^2+24s+9) = i_s(8s^2+14s+6)$$

כעת נחזור לציר הזמן ונמיר את s ב-d/dt לקבלת המד"ר ל-v1 (כמו-כן, נחלק ב-16):

$$v''_1+\frac{3}{2}v'_1+\frac{9}{16}v_1 = \frac{1}{2}i''_s+\frac{7}{8}i'_s+\frac{3}{8}i_s$$

בדומה עבור v2:

$$v_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1+0.5+s & i_s & -0.5 \\ -s & 0 & -0.5 \\ -0.5 & 0 & 0.5+0.5+1/(2s) \end{vmatrix}}{\det} =$$

$$= \frac{-i_s[-s(1+1/2s)-\frac{1}{4}]}{3+2s+\frac{9}{8s}} = \frac{i_s(s+\frac{1}{2}+\frac{1}{4})}{3+2s+\frac{9}{8s}}$$

$$v_2(3+2s+\frac{9}{8s}) = i_s(s+\frac{3}{4})$$

$$\bullet 8s \quad \Downarrow$$

$$v_2(16s^2+24s+9) = i_s(8s^2+6s)$$

$$:16 \quad \Downarrow$$

$$v''_2+\frac{3}{2}v'_2+\frac{9}{16}v_2 = \frac{1}{2}i''_s\frac{3}{8}i_s'$$

כעת נמצא את תנאי ההתחלה.
KVL בחוג הנוצר ע"י שני הנגדים של 1Ω והקבל:

$$v_2+v_C-v_1=0$$

$$I.\ v_1(0^-)-v_2(0^-)=v_C(0^-)$$

KCL בצומת האדמה (הצומת התחתון):

$$\frac{v_1}{1}+\frac{v_2}{1}+i_L=i_S$$

ובהנחה, ש- $i_S(0^-)=0$:

$$II.\ v_1(0^-)+v_2(0^-)=-i_L(0^-)$$

ומסיכום I ו-II:

$$v_1(0^-)=\frac{1}{2}[v_C(0^-)-i_L(0^-)]]$$

מההפרש I-II:

$$v_2(0^-)=\frac{1}{2}[-v_C(0^-)-i_L(0^-)$$

מציאת ת"ה לנגזרות של v1 ו- v2 – נתחיל מאותן משוואות:

$$v_2+v_C-v_1=0$$

$$I.\ v_1-v_2=v_C=\frac{1}{C}\int i_C\,dt$$

נגזור ונציב $t=0^-$:

$$v'_1(0^-)-v'_2(0^-)=\frac{1}{C}i_C(0^-)$$

KCL בצומת v_1:

$$i_S-i_C-\frac{v_1}{1}-\frac{v_3-v_1}{2}=0$$

$$\Rightarrow\quad II.\ i_C(0^-)+\frac{3v_1(0^-)}{2}-\frac{v_3(0^-)}{2}=0$$

KCL בצומת v_2:

$$-\frac{v_2-v_3}{2}+i_C-\frac{v_2}{1}=0$$

$$\Rightarrow\quad III.\ i_C(0^-)-\frac{3v_2(0^-)}{2}+\frac{v_3(0^-)}{2}=0$$

נחבר את II ואת III ונחלץ את $i_C(0^-)$:

$$i_C(0^-)=-\frac{3}{4}v_1(0^-)+\frac{3v_2(0^-)}{4}=\frac{3}{4}[v_2(0^-)-v_1(0^-)]$$

נציב ב- I (נזכור, ש- C=1):

$$v'_1(0^-)-v'_2(0^-)=\frac{3}{4}[v_1(0^-)-v_2(0^-)]=$$

$$=\frac{3}{8}\{[-v_C(0^-)-i_L(0^-)]-[v_C(0^-)-i_L(0^-)]\}=-\frac{3}{4}v_C(0^-)$$

כעת נסתכל על משוואת KCL:

$$\frac{v_1}{1}+\frac{v_2}{1}+\frac{1}{L}\int v_3 dt=0$$

נגזור ונציב $t=0^-$:

$$IV.\ \ v'_1(0^-)+v'_2(0^-)+\frac{1}{L}v_3(0^-)=0$$

נחסר את II מ-III:

$$v_3(0^-)-\frac{3}{2}[v'_1(0^-)+v'_2(0^-)]=0$$

$$v_3(0^-)=\frac{3}{2}[v'_1(0^-)+v'_2(0^-)]$$

נציב ב-IV, בזוכרנו, כי L=2H:

$$v'_1(0^-)+v'_2(0^-)+\frac{3}{4}[v_1(0^-)+v_2(0^-)]=0$$

$$v'_1(0^-)+v'_2(0^-)=-\frac{3}{4}[v_1(0^-)+v_2(0^-)]=$$

$$=-\frac{3}{4}[\frac{1}{2}v_C(0^-)-\frac{1}{2}i_L(0^-)-\frac{1}{2}v_C(0^-)-\frac{1}{2}i_L(0^-)]=$$

$$=\frac{3}{4}i_L(0^-)$$

קיבלנו צמד משוואות:

$$v'_1(0^-)+v'_2(0^-)=\frac{3}{4}i_L(0^-)$$

$$v'_1(0^-)-v'_2(0^-)=-\frac{3}{4}v_C(0^-)$$

ע"י חיבורן נקבל:

$$v'_1(0^-)=\frac{1}{2}[\frac{3}{4}i_L(0^-)-\frac{3}{4}v_C(0^-)]=\frac{3}{8}[i_L(0^-)-v_C(0^-)]$$

וחיסורן ייתן:

$$v'_2(0^-)=\frac{1}{2}[\frac{3}{4}i_L(0^-)+\frac{3}{4}v_C(0^-)]=\frac{3}{8}[i_L(0^-)+v_C(0^-)]$$

4. א.

$$KVL\Rightarrow e_s=L\frac{di}{dt}+Ri+v_C$$

$$i=Cv_C$$

$$LCv''_C+RCv'_C+v_C=e_s$$

ובהצבת נתוני הרכיבים:

$$\begin{cases} v''_C+4v'_C+5v_C=5\delta(t) \\ v_C(0^-)=v'_C(0^-)=0 \end{cases}$$

נמיר את עירור ההלם בתנאי התחלה ב - ($t=0^+$).
v''_C חייבת להיות הלם כדי לאזן את ההלם שבאגף ימין. מכאן, ש- v'_C מכילה לכל היותר מדרגה, ו- v_C רציפה:

$$v_C(0^+) = v_C(0^-) = 0$$

למציאת $v'_C(0^+)$ נבצע אינטגרציה של המשוואה מ- (0-) עד (0+):

$$\underbrace{\int_{0^-}^{0^+} v''_C\,dt}_{v'_C(0^+)-v'_C(0^-)} + 4\bullet \underbrace{\int_{0^-}^{0^+} v'_C\,dt}_{v_C(0^+)-v_C(0^-)=0} + 5\bullet \underbrace{\int_{0^-}^{0^+} v_C\,dt}_{=0\,(v_C\text{ continuous})} = 5$$

$$v'_C(0^+) - v'_C(0^-) = 5 \quad\Rightarrow\quad v'_C(0^+) = 5 - \underbrace{v'_C(0^-)}_{=0} = 5$$

אם-כן, עלינו לפתור:

$$\begin{cases} v''_C + 4v'_C + 5v_C = 0 \\ v_C(0^+) = 0 \\ v'_C(0^+) = 5 \end{cases}$$

המשוואה האופיינית:

$$L(s) = s^2 + 4s + 5 = 0 \quad\Rightarrow\quad s_{1,2} = -2 \pm j$$

זהו מצב תת-ריסון, והפתרון הוא:

$$v_C(t) = e^{-2t}[A\cos(t) + B\sin(t)]$$

נציב את תנאי ההתחלה:

$$v_C(t) = e^{-2t}[A\cos(t) + B\sin(t)]$$
$$v_C(0) = A = 0$$
$$v'_C(0) = B = 5$$
$$\Downarrow$$
$$v_C(t) = 5e^{-2t}\sin(t)u(t)$$
$$h(t) = i(t) = Cv'_C(t) = e^{-2t}[\cos(t) - 2\sin(t)]u(t)$$

ב. תחילה נחשב את ZIR לתנאי ההתחלה הנתונים. כאמור: $v_C(0^+) = v_C(0^-) = -1\text{V}$.
נמיר את תנאי ההתחלה ב- i_L בת"ה ב- v'_C :

$$i_L(0^-) = Cv'_C(0^-)$$
$$v'_C(0^-) = \frac{1}{C} i_L(0^-) = 5\bullet 1 = 5\frac{V}{\sec}$$

כאשר אין עירור (ZIR), גם v'_C רציפה. לכן:

$$v'_C(0^+) = v'_C(0^-) = 5\frac{V}{\sec}$$
.

נפתור, אם-כן:

$$\begin{cases} v''_C + 4v'_C + 5v_C = 0 \\ v_C(0^+) = -1 \\ v'_C(0^+) = 5 \end{cases}$$

כפי שמצאנו קודם, פתרון המשוואה ההומוגנית הוא:

$$v_C(t) = e^{-2t}[A\cos(t) + B\sin(t)]$$

נציב בו את ת"ה:

$$v_C(0) = A = -1$$

$$v'_C(0) = -2A + B = 5 \quad \Rightarrow \quad B = 3$$

$$\Downarrow$$

$$v_{C,ZIR}(t) = e^{-2t}[-\cos(t) + 3\sin(t)]$$

$$i_{ZIR}(t) = Cv'_C(t) = 0.2e^{-2t}[2\cos(t) - 6\sin(t) + \sin(t) + 3\cos(t)] = e^{-2t}[\cos(t) - \sin(t)]$$

כעת נמצא את פתרון ה- ZSR. העירור הנתון הוא: u(t)-u(t-5).
נמצא תחילה את התגובה למדרגה, s(t), באמצעות קונבולוציה של u(t) עם התגובה להלם שמצאנו:

$$h(t) = i(t) = Cv'_C(t) = e^{-2t}[\cos(t) - 2\sin(t)]u(t)$$

$$s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t-\tau)e^{-2\tau}[\cos(\tau) - 2\sin(\tau)]u(\tau)d\tau$$

עקב $u(\tau)$ הגבול התחתון של האינטגרל הופך ל- 0. הגבול העליון הופך ל-t בגלל $u(t-\tau)$. זאת עבור $t > 0$. אחרת s(t)=0 (שוב בגלל המכפלה ב-u(t)). לכן נכפול את הפתרון ב-u(t):

$$s(t) = u(t)\int_0^t e^{-2t}[\cos(t) - 2\sin(t)]d\tau = e^{-2t}\sin(t)u(t)$$

כעת נסתמך על הלינאריות ואי-התלות בזמן (LTI, Linear Time-Invariant):

$$i_{ZSR}(t) = s(t) - s(t-5) = e^{-2t}\sin(t)u(t) - e^{-2(t-5)}\sin(t-5)u(t-5)$$

ולסיכום:

$$i(t) = i_{ZIR}(t) + i_{ZSR}(t) =$$

$$= e^{-2t}[\cos(t) - \sin(t)] + e^{-2t}\sin(t)u(t) - e^{-2(t-5)}\sin(t-5)u(t-5) \quad t > 0$$