



אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

תאריך הבחינה: 31.01.2006

שם המורה: פרופ' שמואל בן-יעקב

מבחן ב: ממירי DC-DC ממותגים

מס' קורס: 361.1.4561

מיועד לתלמידי: הנדסת חשמל ומחשבים

שנה: תשס"ו סמ': א מועד: א.

משך הבחינה: 3 שעות

חומר עזר: כל חומר עזר מותר.

מדור בחינות

מספר נבחן: _____

בהצלחה

מותר שימוש במחשבוניו בלבד

אין להעביר חומר ו/או מחשבים בין הנבחנים

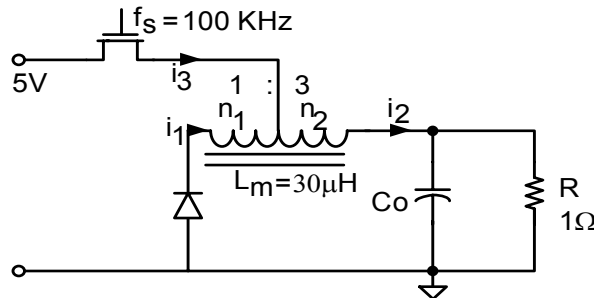
הערות:

1. יש לענות על 3 מתוך 4 שאלות.
2. **חובה** למלא טופס ריכוז תשובות.
3. מותר לבצע חישובים מקורבים (תוך מתן הסבר להצדקת ההזנחה) אלא אם נדרש חישוב מדויק.

בהצלחה !

שאלה מס' 1

נתון ממיר Buck עם סנף. תדר המיתוג – $f_s = 100 \text{ KHz}$. מניחים $Co \rightarrow \infty$. Lm היא ההשראות של כל הסליל מקצה לקצה.



1.1 (20%)

חשב ושרטט את התמסורת $\frac{V_{out}}{V_{in}}(D)$.

רמז: מומלץ להשתמש בשיטת מתח ממוצע על הסליל בנקודת הסנף

1.2 (40%)

חשב ושרטט את i_1 , i_2 , i_3 עבור $D=0.3$.

1.3 (40%)

חשב את R_L שבו יכנס הממיר למצב DCM.

פתרון

1.1

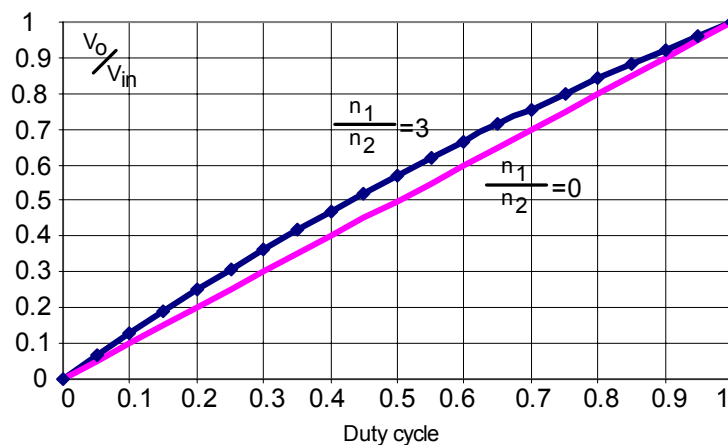
מתוך הידיעה שממוצע המתח על סליל שווה ל-0, נתייחס למתח בנקודת הסנף (נסמן כ- V_x). את מתח המוצא ניתן לבטא באופן הבא:

$$V_o = \bar{V}_x$$

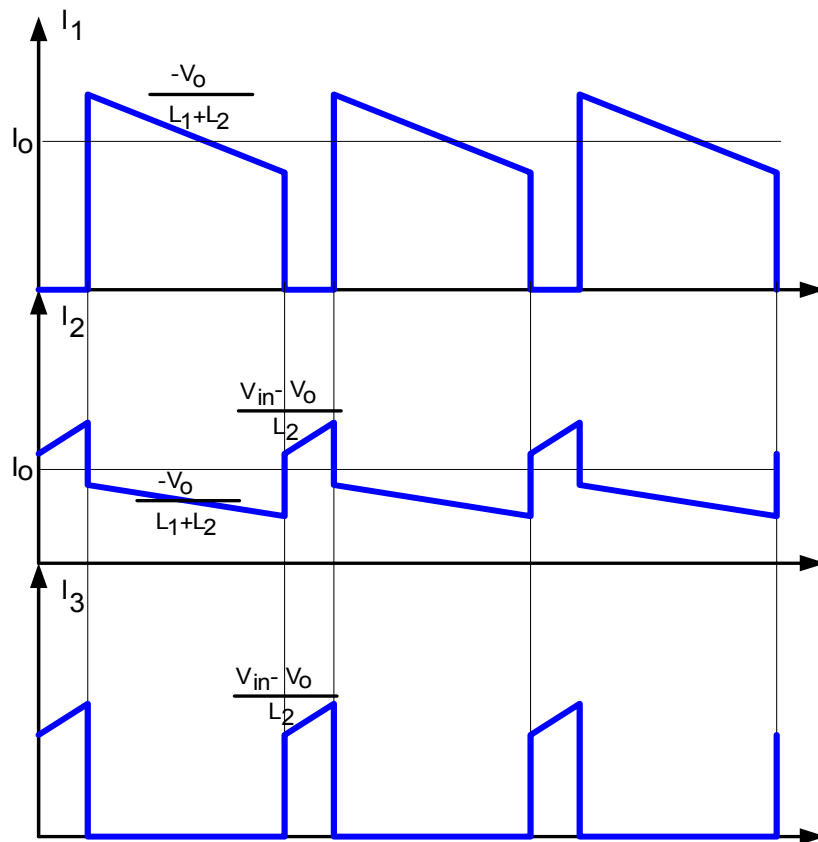
$$\bar{V}_x = DV_{in} + \frac{n_1}{n_1+n_2} V_o(1-D)$$

כלומר המתח על המשני בזמן on (DV_{in}) ומתח המוצא בזמן off (והתוספת בגין ההשנאה). לאחר מספר פעולות פשוטות נקבל:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = D \frac{1 + \frac{n_1}{n_2}}{1 + D \frac{n_1}{n_2}}$$

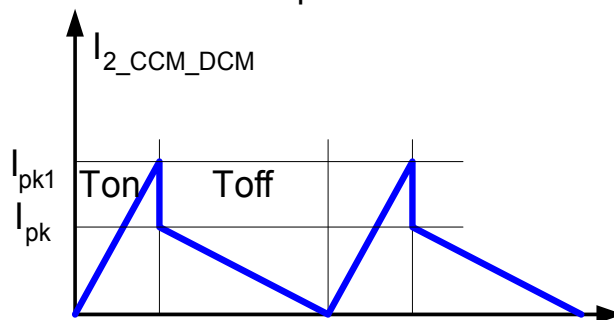


1.2



1.3

הזרם i_2 במצב הגבול CCM-DCM יראה באופן הבא:



$$I_{pk} = \frac{V_o}{L_m} T_{off} = 0.425A ; I_{pk1} = I_{pk} \frac{n1+n2}{n2} = 0.566A$$

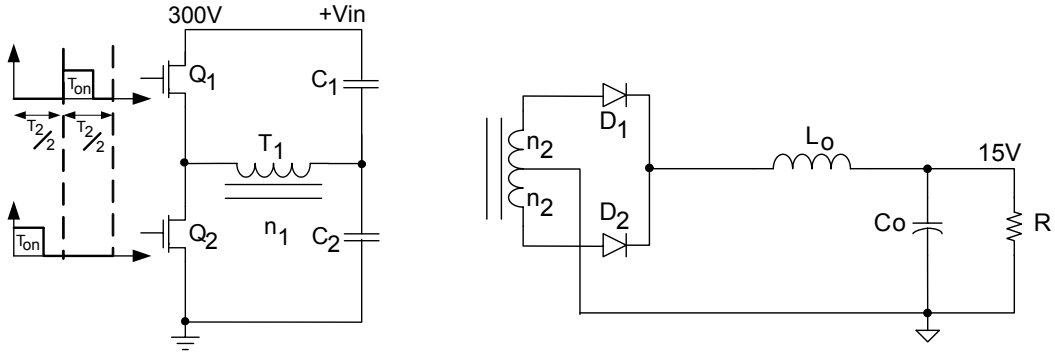
הזרם הממוצע של i_2 שווה לזרם המוצא.

$$\bar{i}_2 = I_o = \frac{V_o}{R_L} = \frac{1}{T_S} \left[\frac{I_{pk1} \cdot T_{on}}{2} + \frac{I_{pk} \cdot T_{off}}{2} \right]$$

$$R_L = \frac{V_o}{I_o} = 7.78\Omega$$

שאלה מס' 2

נתון ממיר חצי גשר PWM סימטרי. תדר המיתוג - $f_s = 50 \text{ KHz}$.



2.1 (30%)

חשב יחס הליפופים $n_1:n_2$ לקבלת מתח מוצא 15V ב- $D=0.7$ (D מוגדר כ- $D = \frac{T_{on}}{T_s/2}$)

2.2 (30%)

חשב L, כך שזרם ה-Ripple יהיה 5A ב-CCM.

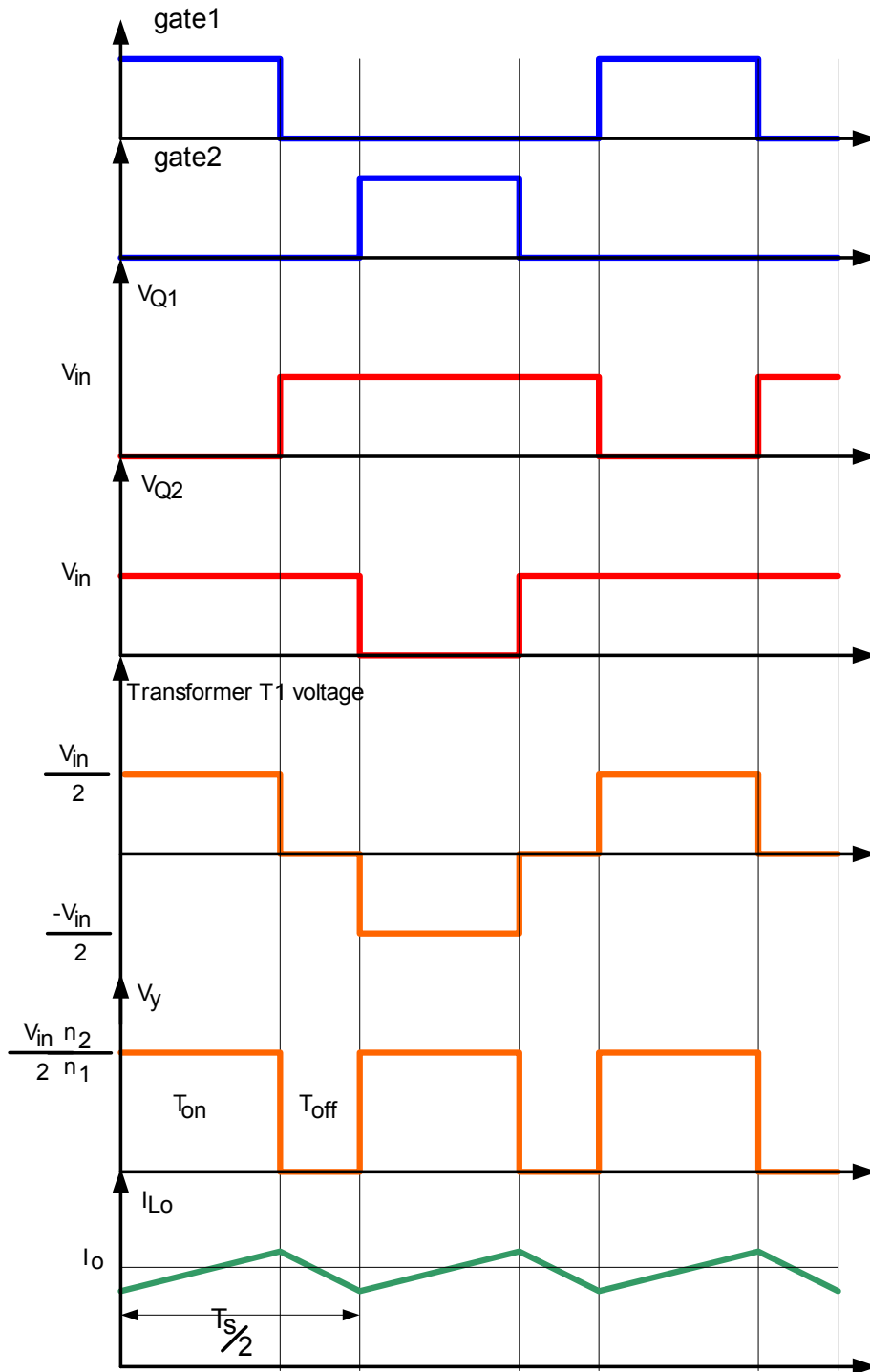
2.3 (40%)

חשב A_p של השנאי עבור הספק מכסימלי של 500W. (ניתן להשאיר התוצאה כפונקציה של JKB_{max})

פתרון

צורות הגלים במעגל הנם:

נסמן את הנקודה בין הקבלים (בראשוני) כ- V_x ובין הדיודות (במשני) כ- V_y .



2.1

הממוצע של צורת המתח V_y שווה למתח המוצא:

$$V_o = D \frac{V_{in} n_2}{2 n_1}$$

נחלץ את יחס הליפופים (בהינתן $D=0.7$),

$$\frac{n_2}{n_1} = 0.14 \rightarrow 7 : 1 : 1$$

2.2

מתוך משוואת הסליל בזמן OFF:

$$L = \frac{V_o D_{off}}{2f \cdot \Delta I} = 9\mu \cdot H$$

2.3

את A_p יש לחשב באופן הבא:

$$A_p = A_e \cdot A_w$$

$$A_e = \frac{V_T}{B_n 1}$$

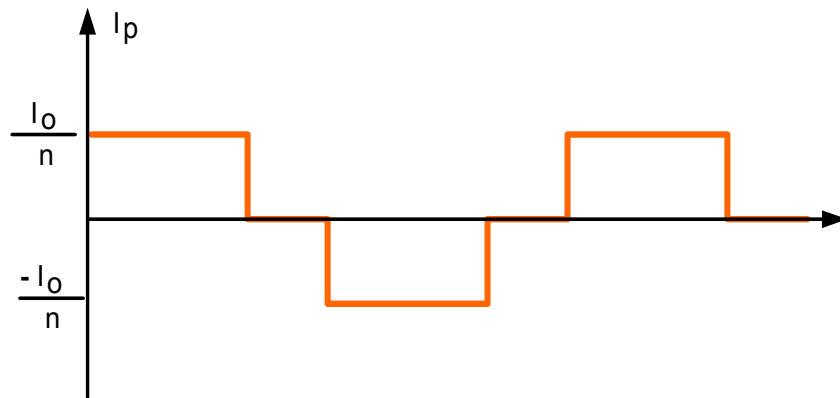
$$A_w = \frac{\sum I_{rms} \cdot n}{JK}$$

$$\sum I_{rms} \cdot n = n_1 I_{rms_pr} + n_2 I_{rms_sec}$$

את החישובים נבצע לפי שיקוף לצד הראשוני:

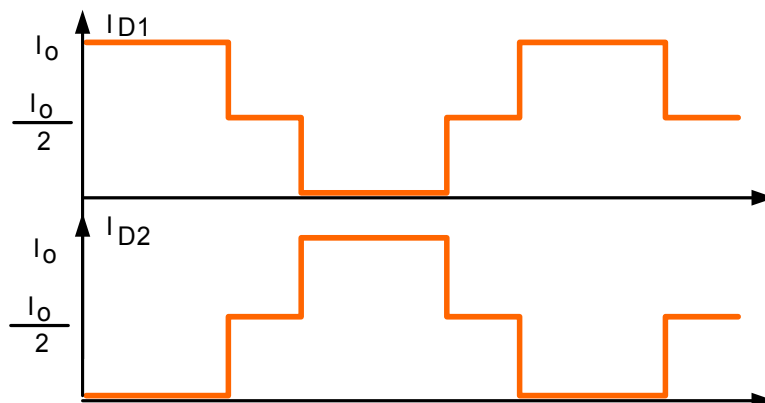
$$V_T = \frac{V_{in}}{2} D_{on} \frac{T_s}{2}$$

זרם rms בראשוני מחושב לפי הצורה הבאה:



$$I_{rms_pr} = I_o \sqrt{D} \frac{n_2}{n_1}$$

זרם rms במשני מחושב לפי הצורה הבאה:



נחשב לפי חלק אחד, ולאחר נכן נכפול ב-2 כדי לקבל את ה-rms הכללי במשני.
זרם rms הכללי הנו:

$$ID1_{rms} = \sqrt{\left(I_o \sqrt{\frac{Don}{2}} \right)^2 + \left(\frac{I_o}{2} \sqrt{Doff} \right)^2}$$

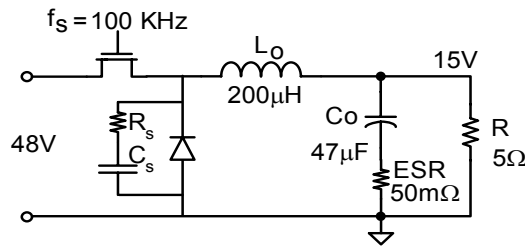
$$I_{rms_sec} = 2I_o \sqrt{\frac{Don}{2} + \frac{Doff}{4}}$$

$$\Sigma I_{rms} \cdot n = n1 \left[I_o \sqrt{D} \frac{n2}{n1} + I_o \frac{n2}{n1} \sqrt{\frac{Don}{2} + \frac{Doff}{4}} \right]$$

$$A_p = \frac{\frac{V_{in}}{2} \cdot Don \cdot \frac{T_s}{2} \cdot \frac{n2}{n1} \cdot I_o \left[\sqrt{D} + \sqrt{\frac{Don}{2} + \frac{Doff}{4}} \right]}{JKB_{max}}$$

שאלה מס' 3

נתון ממיר Buck. תדר המיתוג – $f_s = 100 \text{ KHz}$.



3.1 (30%)

שרטט מעגל תמורה לעניין ה-Snubber בזמן turn-on של הטרנזיסטור והסבר מה ה-snubber אמור למנוע.

3.2 (35%)

שרטט מעגל תמורה לאות קטן $\left(\frac{V_{out}}{d} \right)$ בהזנחת מעגל ה-Snubber.

3.3 (35%)

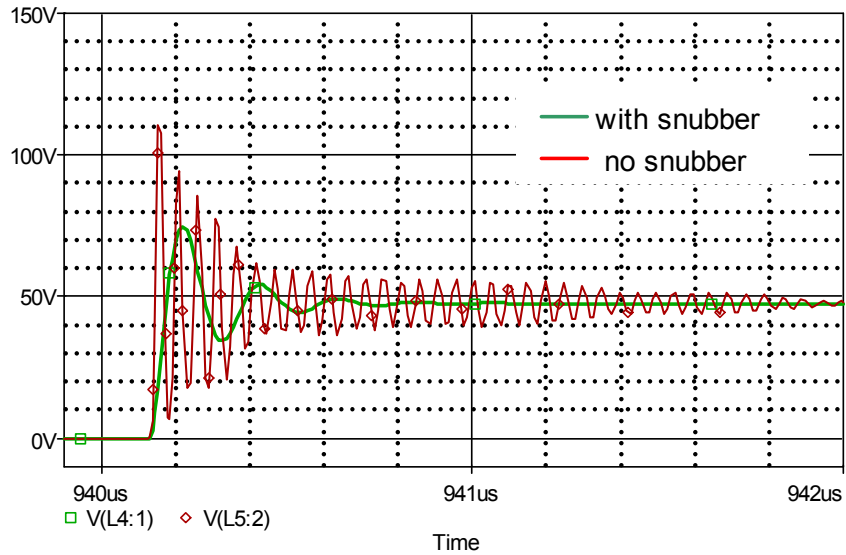
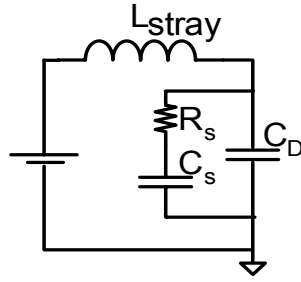
תכנן בקר לסגירת החוג בתדר נמוך מתדר התהודה של המערכת בהנחה שפונקצית התמסורת של המודולטור היא 0.2. התכנון יכלול מעגל חשמלי מבוסס מגבר שרת.

פתרון

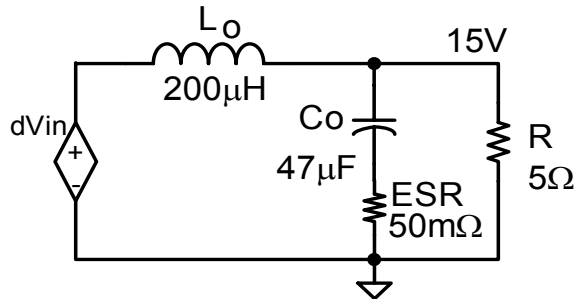
3.1

תפקיד הסנבר להגדיל את הריסון במעגל התהודה על ידי הוספת הנגד R_s ולהקטין את אמפליטודת המתח שיתפתח על ידי C_s . גורם הטיב בהזנחת C_D :

$$Q = \frac{\sqrt{\frac{L_{stray}}{C_s}}}{R_s} = \sqrt{\frac{L_{stray}}{R_s^2 C_s}}$$



3.2

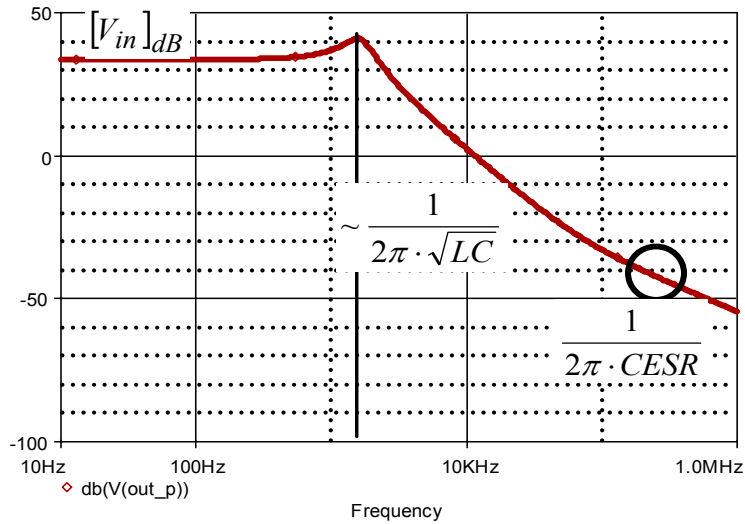


פונקציית התמסורת (V_o/d) מחושבת באופן הבא:

$$V_o = DV_{in} \frac{\frac{R(sESR + 1)}{s(R + ESR)C_o + 1}}{sL_o + \frac{R(sESR + 1)}{s(R + ESR)C_o + 1}} \rightarrow \frac{V_o}{d} = \frac{V_{in}(sESR + 1)}{s^2 L_o C_o \frac{R + ESR}{R} + s \frac{L_o + R \cdot C_o \cdot ESR}{R} + 1}$$

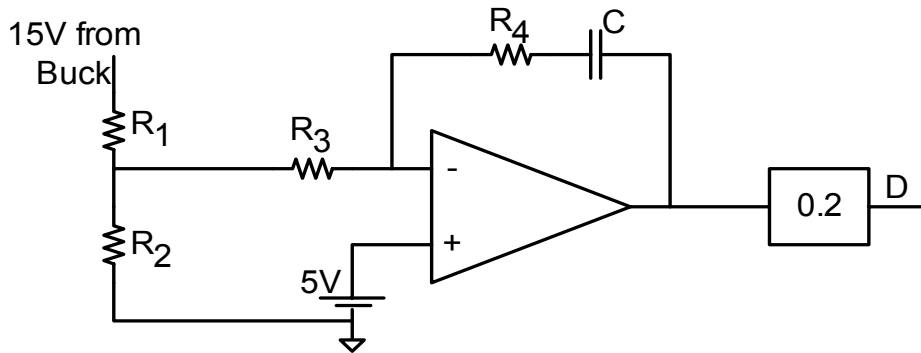
ערך ההגבר ב-DC יהיה V_{in} , ותדר הברך, בהזנחת ESR, מחושב לפי:

$$R \gg ESR \rightarrow \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$$

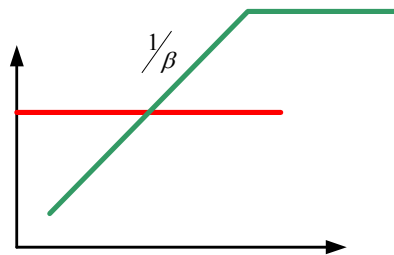


3.3

נבחר בקר מהצורה:



פונקצית התמסורת הרצויה היא מהצורה:



$$\beta = 0.2 \frac{R2 \parallel R3}{R1 + R2 \parallel R3} \frac{SCR4 + 1}{SCR3}$$

בכדי שלנגד R3 לא תהיה השפעה על מחלק המתח, יש לבחור ערכי R1 ו R2 קטנים ממנו ערכי הרכיבים של מחלק המתח ההתנגדותי יהיו:

$$R1 = 2(R2 \parallel R3) \xrightarrow{R2 \ll R3} 2R2$$

נבחר R2 = 1K, R1=2K

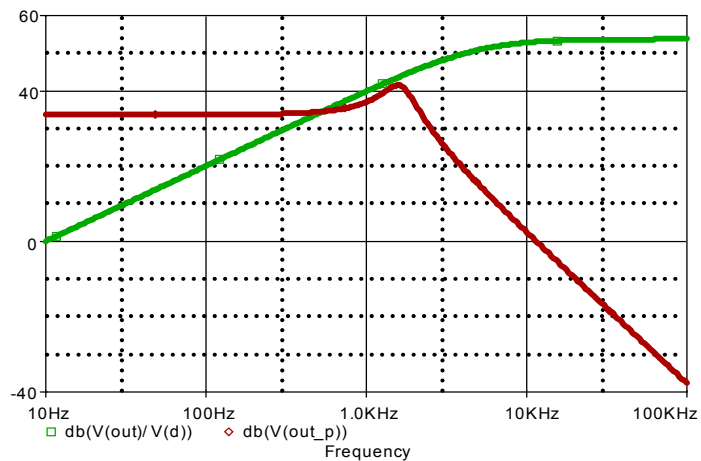
יחס מחלק הנגדים הנו:

$$\frac{V_{ref}}{V_{o_DCDC}} = \frac{R2}{R1 + R2} = \frac{5}{15}$$

ברצוננו שהאפס CR4 יהיה מרוחק מספיק מנקודת החיתוך, נניח 5KHz
 נרצה ש- $1/\beta$ יחתוך את AOL בתדר נמוך מתדר הברך, נניח 500Hz, ונניח $R3=10K$

$$C = 0.2 \frac{5}{15} \frac{V_{in}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R3} \approx 0.1 \mu F$$

$$R4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = 318 \Omega \rightarrow 330 \Omega$$



שאלה מס' 4

נתונה המלצה לממיר להספק נמוך המבוסס על הבקר UC3842

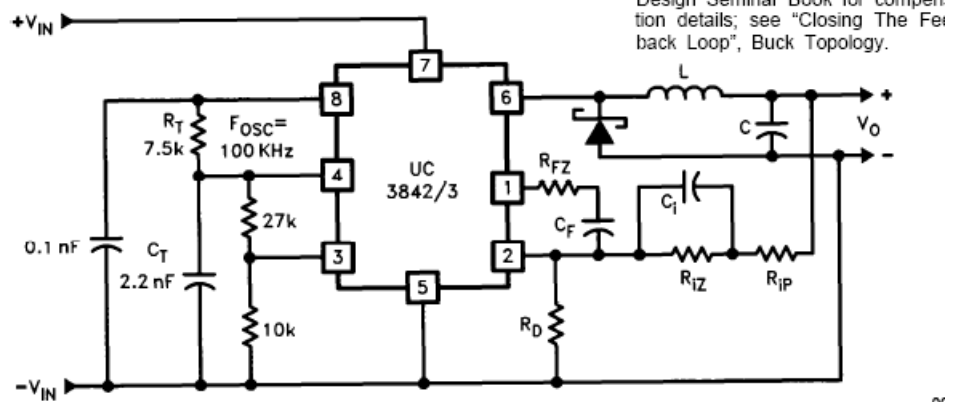


Figure 30

4.1 (30%)

הסבר את פעולת המעגל. (רמז: המערכת מופעלת בבקרת Voltage mode ולא ב- Current mode, ומשתמשים ב-Driver כמתג)

ההסבר יכלול שרטוט של צורות גל הצפויות בכל אחת מהדקי הבקר.

4.2 (35%)

תן ביטוי למתח המוצא $V_o(DC)$ בתלות בערכים של רכיבי המערכת.

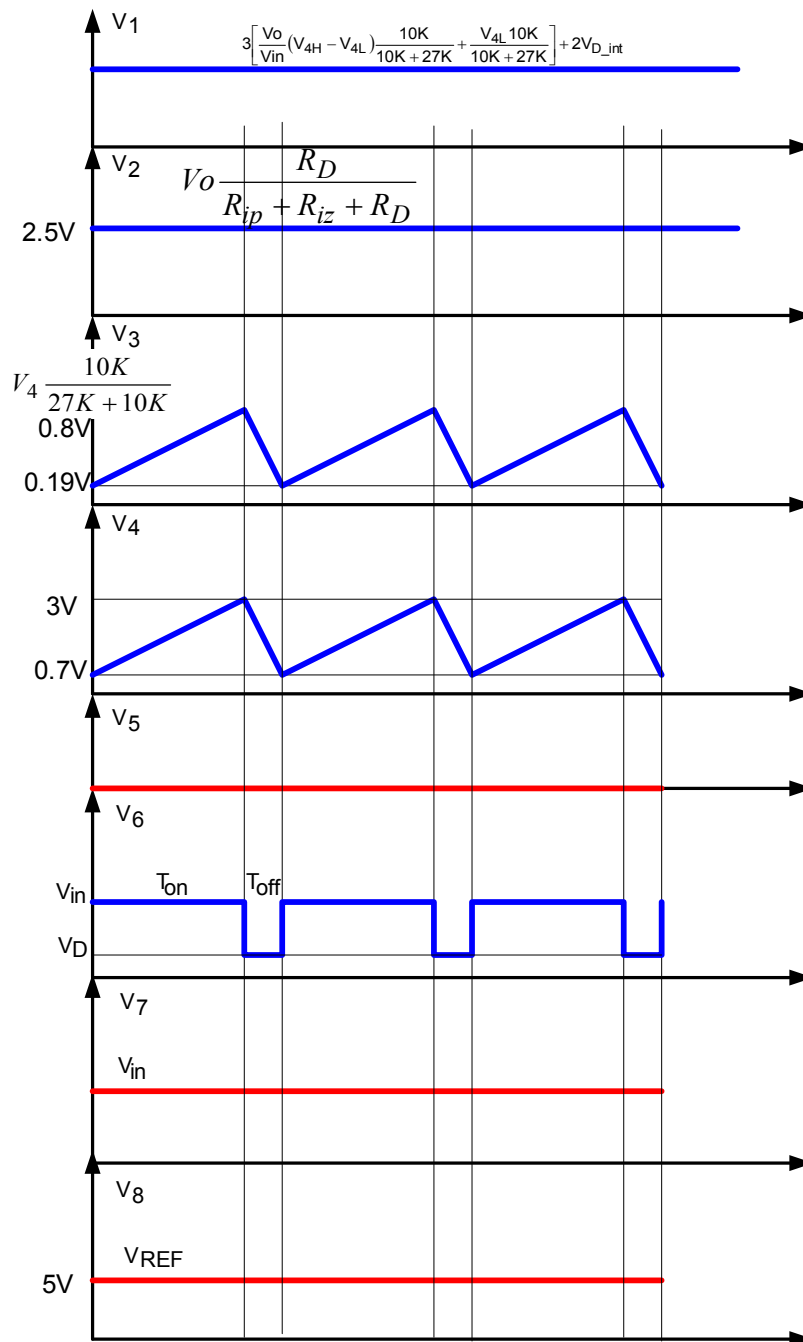
4.3 (35%)

שרטט באופן עקרוני את פונקציית התמסורת של הבקר בהנחה:

$$\frac{1}{C_F R_{FZ}} < \frac{1}{C_i R_{IZ}} < \frac{1}{C_i R_{IP}}$$

(האי שוויון קובע את סדר נקודות הברך מתדר נמוך לתדר גבוה)

והסבר מה ההיגיון בבקר זה בהתחשב בפונקציית התמסורת הצפויה של דרגת ההספק.



** המתח בהדק מס' 1 פרופורציונאלי לערך ה-Duty cycle הדרוש במערכת, נסמן את כניסת המשווה (Current sense comparator) כ- V_x , ניתן לביטוי באופן הבא:

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{V_x - \left(V_{4L} \frac{10}{37} \right)}{\left(V_{4H} - V_{4L} \right) \frac{10}{37}}$$

$$V_{comp} = 3V_x + 2V_{D_int}$$

ומכאן:

$$3 \left[\frac{V_o}{V_{in}} (V_{4H} - V_{4L}) \frac{10K}{10K + 27K} + \frac{V_{4L} 10K}{10K + 27K} \right] + 2V_{D_int}$$

4.2

במצב DC הקבלים מתפקדים כנתק, מתח מוצא הממיר מחושב באופן הבא:

$$V_o = 2.5 \left(1 + \frac{R_{ip} + R_{iz}}{R_D} \right)$$

4.3

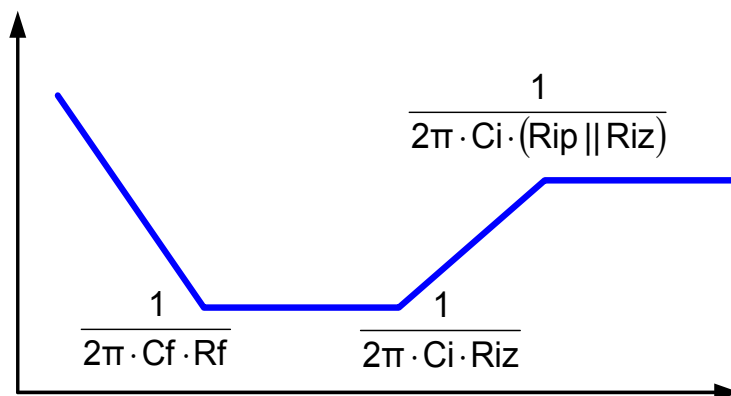
$$\beta = \frac{Z_f}{Z_i}$$

$$Z_f = \frac{sSfR_f + 1}{ScfR_f}$$

$$Z_i = \frac{1}{R_{ip} + R_{iz}} \frac{1 + sC_i(R_{ip} \parallel R_{iz})}{sC_iR_{iz} + 1}$$

$$\beta = (R_{ip} + R_{iz}) \frac{sSfR_f + 1}{ScfR_f} \frac{sC_iR_{iz} + 1}{1 + sC_i(R_{ip} \parallel R_{iz})}$$

בהנחה ש- $\frac{1}{C_f R_{fz}} < \frac{1}{C_i R_{iz}} < \frac{1}{C_i R_{ip}}$, תראה באופן הבא:



מספר נבחן: _____**גיליון ריכוז תשובות****שאלה מס' 1**

$$\frac{V_{out}}{V_{in}}(D) = \underline{\hspace{2cm}} \quad 1.1 \quad (20\%)$$

$$\text{במחברת} \quad 1.2 \quad (40\%)$$

$$R_L = \underline{\hspace{2cm}} \quad 1.3 \quad (40\%)$$

שאלה מס' 2

$$n1:n2:n2 = \underline{\hspace{2cm}} \quad 2.1 \quad (30\%)$$

$$L = \underline{\hspace{2cm}} \quad 2.2 \quad (30\%)$$

$$A_p = \underline{\hspace{2cm}} \quad 2.3 \quad (40\%)$$

שאלה מס' 3

$$3.1 \quad (30\%) \quad \text{. (שרטוטים והסברים במחברת).}$$

$$3.2 \quad (35\%) \quad \text{. (שרטוטים והסברים במחברת).}$$

$$3.3 \quad (35\%) \quad \text{. (שרטוטים והסברים במחברת).}$$

שאלה מס' 4

$$4.1 \quad (30\%) \quad \text{. (שרטוטים והסברים במחברת).}$$

$$V_o(DC) = \underline{\hspace{2cm}} \quad 4.2 \quad (35\%)$$

$$4.3 \quad (35\%) \quad \text{. (שרטוטים והסברים במחברת).}$$