



## אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

תאריך הבחינה: 23.01.2005

שם המורה: פרופ' שמואל בן-יעקב

מבחן ב: ממירי DC-DC ממותגים

מס' קורס: 361.1.4561

מיועד לתלמידי: הנדסת חשמל ומחשבים

שנה: תשס"ה סמ': א מועד: א

משך הבחינה: 3 שעות

חומר עזר: כל חומר עזר מותר.

### מדור בחינות

מספר נבחן: \_\_\_\_\_

*הרצלחה*

### **מותר שימוש במחשבוניו בלבד**

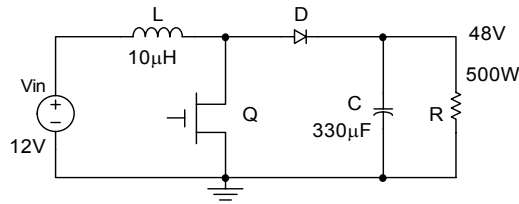
אין להעביר חומר ו/או מחשבים בין הנבחנים

### 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.

## שאלה מס' 1

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



1.1 (30%)

חשב את  $D$  עבור הספק מוצא 500 ואט בהזנחת הפסדים, וחשב את מתח המוצא בהנחה ש- $D$  נשאר קבוע והעומס הפך להיות  $R=1 \text{ K}\Omega$

1.2 (30%)

חשב את  $\Delta I_L$  ואת אדוות מתח המוצא ( $\Delta V_{out}$ ) בהזנחת ESR של הקבל ובמצב עבודה של 500 ואט.

1.3 (40%)

חשב את ההפסדים במתג, בסליל ובקבל במצב עבודה של 500 ואט. בהינתן:  
 $ESR = 5 \text{ m}\Omega$ ,  $R_{dson} = 5 \text{ m}\Omega$ ,  $R_L = 5 \text{ m}\Omega$   
 חשב את נצילות הממיר.

## פתרון שאלה מס' 1

1.1

את  $D$  ניתן לחשב לפי הקשר:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{1-D}$$

$$D = 1 - \frac{V_o}{V_{in}} = 0.75$$

נבודד את  $D$  ונקבל:

כאשר  $R=1 \text{ K}\Omega$  הממיר עובד במצב של DCM, והקשר בין המוצא לכניסה הוא:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{2} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2D^2 R}{L f_s}} \right)$$

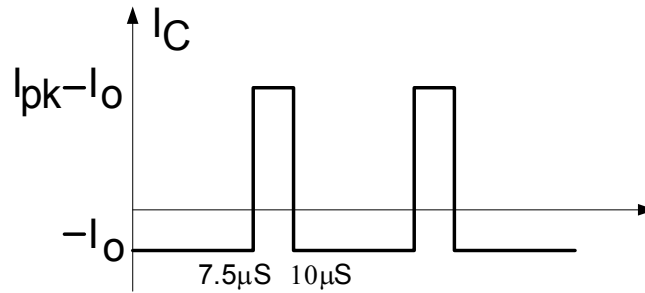
ומכאן מקבלים  $V_{out} = 207.3 \text{ V}$

1.2

את אדוות הזרם בסליל ניתן לחשב לפי:

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} D_{on}}{L f_s} = 9 \text{ A}$$

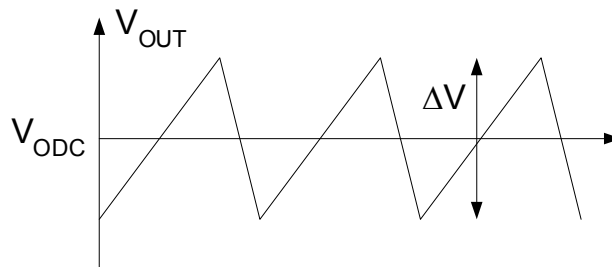
בהזנחת אדוות הזרם בסליל, הזרם בקבל יראה:



חישוב אדוות מתח המוצא:

$$\Delta V_{out} = \frac{Q}{C} = \frac{\Delta I \cdot \Delta T}{C} = \frac{I_{pk} \cdot T_{off}}{C} = \frac{32 \cdot 2.5 \mu}{330 \mu} = 242 mV$$

ומתח המוצא (בהזנחת ESR) יראה:



### 1.3

זרם המוצא הנו:

$$I_{out} = \frac{P_{out}}{V_{out}} = 10.42 A$$

הזרם הממוצע בסליל והזרם הממוצע בדיודה שווים.  
הזרם הממוצע בסליל שווה לזרם במוצא מחולק ב-Doff.  
בהזנחת אדוות הזרם בסליל, הזרם הממוצע בסליל שווה לזרם rms.

$$I_{Lrms} = I_{Lavg} = \frac{I_{out}}{1-D}$$

חישובי הספקים:

$$P_{R_L} = I_{rms}^2 R_L = 8.82 W$$

$$P_{Rds\_on} = I_{rms}^2 R_L D_{on} = 6.615 W$$

מתוך השרטוט בשאלה 1.2 של זרם הקבל, נחשב זרם rms.

$$I_{C\_rms} = \sqrt{(I_{pk} - I_{out})^2 D_{off} + (I_{out})^2 D_{on}} = 18.4 A$$

וההספק המתבזבז בקבל:

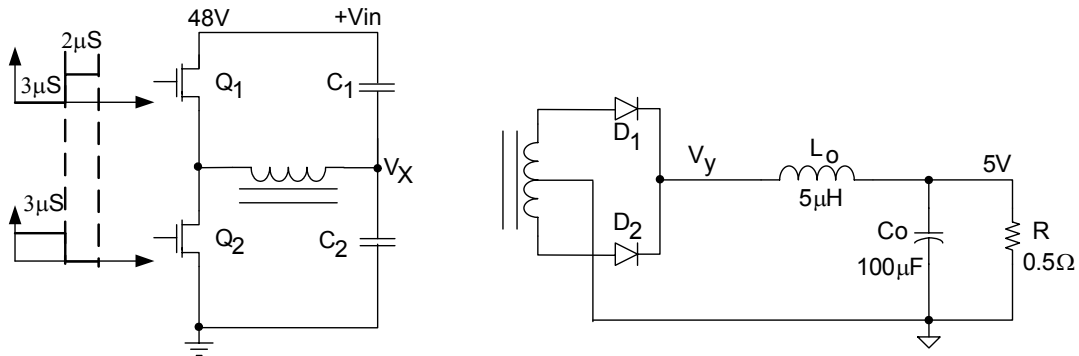
$$P_{ESR} = I_{C\_rms}^2 ESR = 1.69 W$$

נצילות הממיר:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{R_L} + P_{Rds\_on} + P_{ESR}} \times 100 = 96.7\%$$

## שאלה מס' 2

נתון ממיר אסימטרי. תדר המיתוג -  $f_s = 200 \text{ KHz}$ .



מניחים מצב עבודה CCM.  $C_1, C_2 \rightarrow \infty$ .

2.1 (20%)

חשב מתח בנקודה  $V_x$ , ואת צורת המתח על כל טרנזיסטור.

2.2 (30%)

בהנחה  $L_0 \rightarrow \infty$  (בהזנחת האדווה), חשב ושרטט זרם דרך  $Q_1$  ו- $Q_2$ .

2.3 (50%)

חשב ושרטט את  $V_y$  ואת  $\Delta I$  דרך  $L_0$  (כאשר  $L_0 = 5 \mu\text{H}$ ). רמז: המתח  $V_y$  כולל שני חלקים היחסיים למתחי הקבלים  $C_1$  ו- $C_2$ .

## פתרון שאלה מס' 2

נגדיר את הזמן בו טרנ'  $Q_1$  מוליך כ-  $D$ . ( $D = 0.4$ )

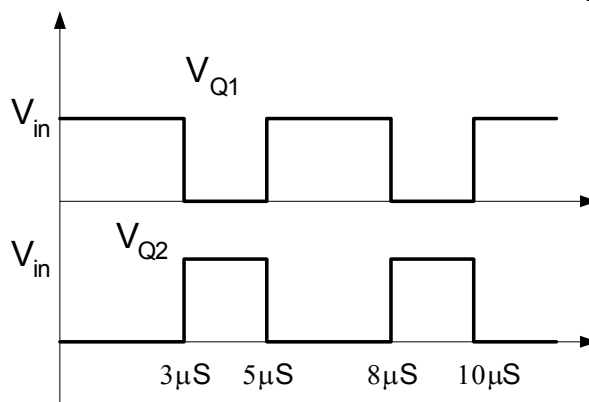
2.1

מכיוון שהמתח הממוצע על הסליל הראשוני שווה ל-0, ניתן לבטא את  $V_x$  באופן הבא:

$$V_x = V_{in} D = 19.2 \text{ V}$$

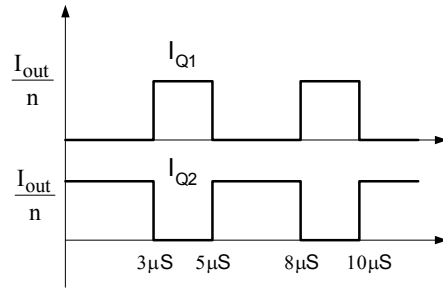
(זהו בעצם המתח הממוצע ב-  $Q_2$ )

צורת המתח בכל טרנ':



2.2

הזרם הממוצע ב-  $L_0$  שווה לזרם המוצא, לאחר שיקוף לראשוני ובהזנחת האדווה הזרמים במתגים יראו:



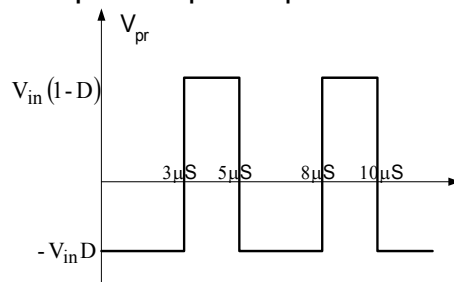
2.3

ראשית נחשב את המתח בכל קבל:

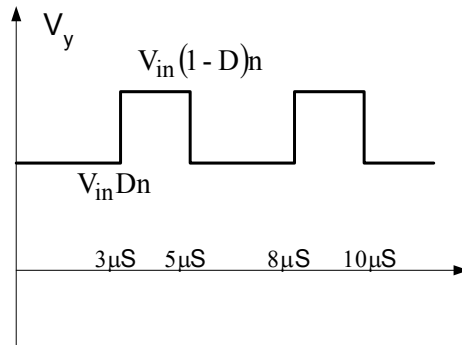
$$V_{C2} = V_x = 19.2V$$

$$V_{C1} = V_{in} - V_{C2} = 28.8V$$

המתח בסליל הראשוני שווה למתח בכל קבל בתקופת הזמן בו המתג המתאים מוליך.



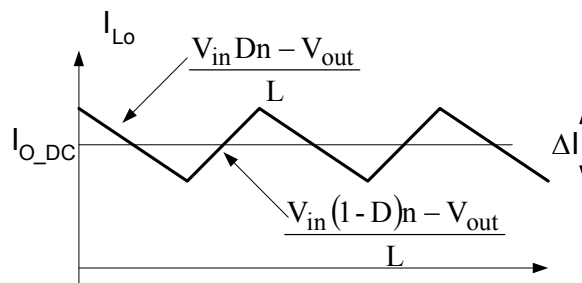
המתח  $V_y$  שווה למתח הסליל הראשוני, לאחר השנאה ויישור ויראה כך:



חישוב יחס הליפופים:

$$V_y = V_{out} = V_{in} D^2 n + V_{in} (1-D)^2 n \rightarrow n = 0.217, \left(\frac{1}{n} = 4.6\right)$$

הזרם בסליל  $L_o$ :

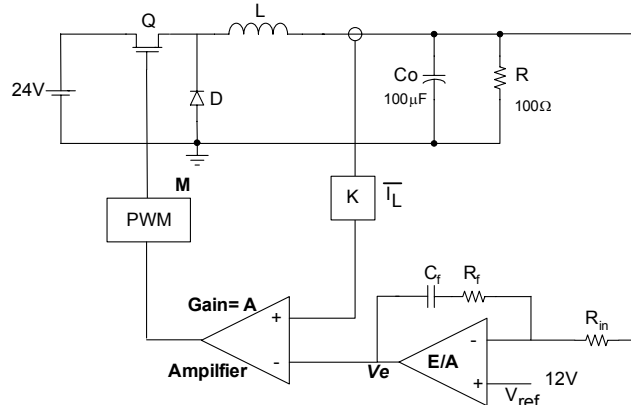


חישוב אדוות הזרם:

$$\Delta I_{L_o} = \frac{V_{in} \cdot D \cdot n - V_{out}}{L_o} = 0.5A$$

### שאלה מס' 3

נתון ממיר עם משוב זרם ממוצע (Average Current Mode) כמשורטט.

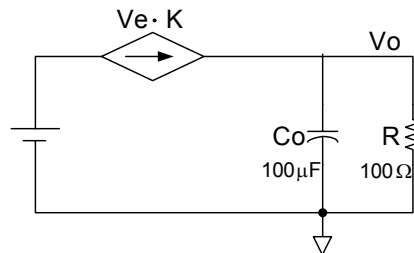


3.1 (45%)

שרטט מעגל תמורה ממוצע למעגל הנתון כולל חלק משוב הזרם. מניחים שהמדידה היא של הזרם הממוצע ( $\overline{I_L}$ ) בהזנחת האדווה (לא Peak Current Mode). רמז: שרטט מעגל ממוצע לדרגת ההספק ובטא את D כפונקציה של  $V_e$ , ההגבר A, והקבועים K ו-M.

3.2 (55%)

מניחים שבנקודת העבודה (ומסביב לתדר 5 KHz) המעגל ניתן לתיאור ע"י:



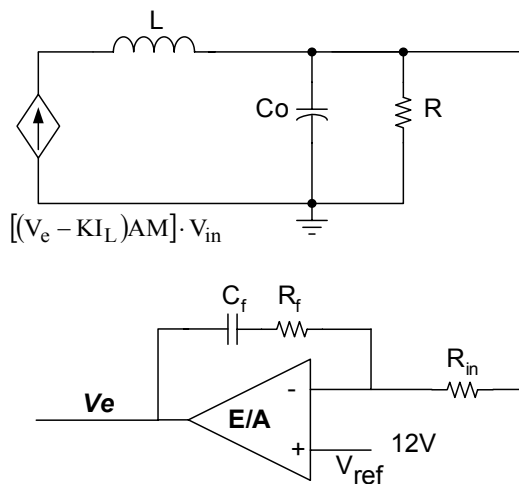
כאשר  $K=0.3$

שרטט  $\frac{V_o}{V_e}(f)$  מסביב לתדר 5 KHz וחשב את  $R_f$  ו- $C_f$  לייצוב המעגל בהנחה

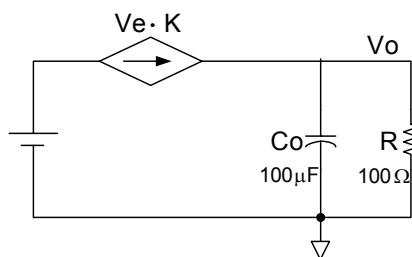
ש -  $R_{in} = 10 \text{ K}\Omega$

### פתרון שאלה מס' 3

3.1



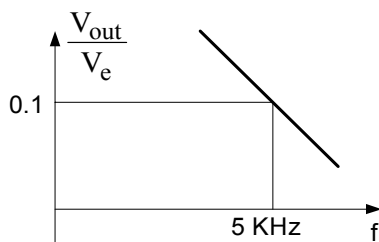
3.2  
 המעגל מסביב לנק' העבודה:



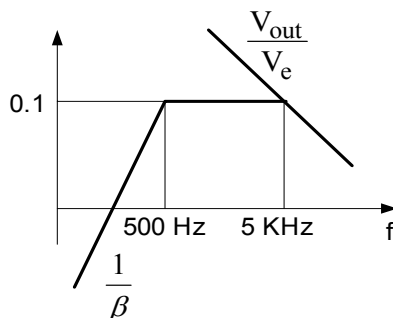
$$\frac{V_{out}}{V_e} = K \frac{R}{sCR + 1} \xrightarrow{f \approx 5\text{KHz}} K \frac{1}{sC}$$

ערך התמסורת בתדר 5 KHz:

$$\frac{V_{out}}{V_e} (f = 5\text{KHz}) = K \frac{1}{2\pi fC} \approx 0.1$$



נרצה שהתמסורת של רשת הקיזוז תראה:



פונקצית התמסורת של רשת המשוב:

$$\beta = \frac{sC_f R_f + 1}{sC_f R_{in}}$$

בתדרים גבוהים (בסביבות תדר החיתוך) הקבל  $C_f$  מהווה קצר ולכן התמסורת היא בין יחס הנגדים (נתון ש  $R_{in} = 10\text{ K}\Omega$ ):

$$\frac{1}{\beta} (f = 5\text{KHz}) = \frac{R_{in}}{R_f} = 0.1$$

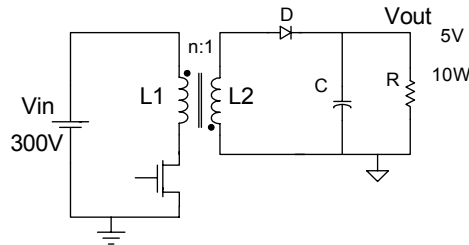
$$R_f = 100\text{K}\Omega$$

נרצה למקם את תדר הברך בדקדה לפני החיתוך, מכאן נחשב את ערך הקבל:

$$f_{cr} = \frac{1}{2\pi \cdot R_f C_f} = 500\text{Hz}$$

$$C_f = \frac{1}{2\pi \cdot R_f f_{cr}} = 3.18\text{nF}$$

#### שאלה מס' 4



נתון ממיר flyback כמשורטט. הממיר עובד בגבול CCM-DCM. תדר המיתוג  $f_s = 50\text{ KHz}$

4.1 (50%)

חשב  $L1$  ו-  $L2$  עבור  $D_{on} = 0.7$ .

4.2 (50%)

חשב את  $A_p$  הדרוש לגוף המגנטי.

#### פתרון שאלה מס' 4

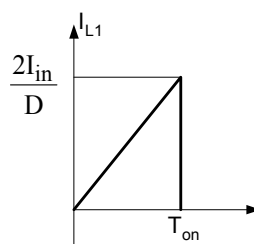
4.1

עבור  $D=0.7$  נחשב את יחס ההשנאה:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{n} \frac{D}{1-D} \rightarrow n = 140$$

מכיוון שהממיר עובד בגבול CCM, אדוות הזרם שווה לפעמיים הזרם הממוצע:

$$I_{pk1} = \frac{2I_{in}}{D} = \frac{2P_{in}}{V_{in}D} \xrightarrow{P_o = P_{in}} \frac{2P_o}{V_{in}D} = 0.095\text{A}$$





ומכאן ערך הסליל הראשוני הוא:

$$L_1 = \frac{V_{in} D}{\Delta I f} = 44.2 \text{mH}$$

את ערך הסליל המשני נחשב לפי ריבוע יחס ההשנאה:

$$L_2 = \frac{L_1}{n^2} = 2.25 \mu\text{H}$$

#### 4.2

את החישובים נבצע לפי הסליל הראשוני:  
זרם peak מצאנו בסעיף קודם.

חישוב זרם rms:

$$I_{rms} = I_{rms1} + \frac{1}{n} I_{rms2}$$

$$I_{rms1} = I_{pk1} \sqrt{\frac{D}{3}} = 46 \text{mA} \quad , \quad I_{rms2} = I_{pk2} \sqrt{\frac{1-D}{3}} = 4.21 \text{A}$$

$$I_{rms} = 76.1 \text{mA}$$

$$A_p = \frac{L_1 I_{pk1} I_{rms}}{JKB_{max}} = \frac{303 \cdot 10^{-6}}{JKB_{max}} \text{m}^4$$