



## אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

תאריך הבחינה: 8.02.2005

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: ב.

משך הבחינה: 3 שעות

חומר עזר: כל חומר עזר מותר.

### מדור בחינות

מספר נבחן: \_\_\_\_\_

*הרצלחה*

### **מותר שימוש במחשבוניו בלבד**

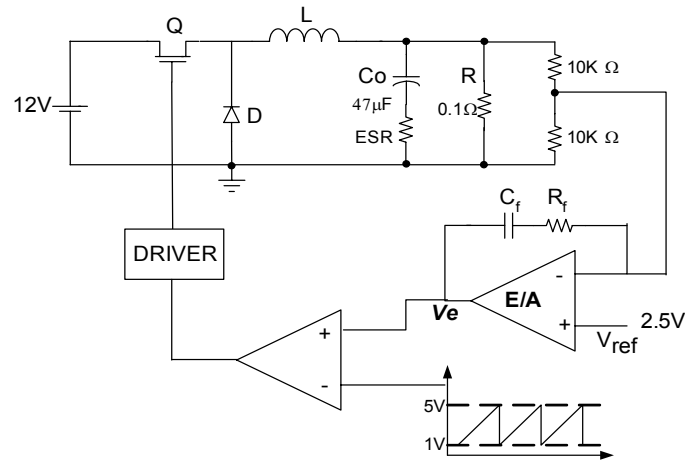
אין להעביר חומר ו/או מחשבים בין הנבחנים

### 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 Buck.



תחום ה- ESR הצפוי הוא  $50\text{m}\Omega$ - $150\text{m}\Omega$ .  
נתון שאדוות הזרם בסליל היא 20% מהזרם הממוצע בסליל.  
1.1 (35%)

שרטט מודל ממוצע לדרגת ההספק  $(V_o/D)$   
1.2 (65%)

חשב את  $R_f$  ו  $C_f$  בכדי לייצב את המערכת בעזרת הקטע בפונקצית התמסורת הנקבע ע"י ה- ESR של הקבל.  
הערה: יש להבטיח יציבות עבור כל תחום ה-ESR.

## פתרון שאלה מס' 1

תיקון לשאלה:  $C_o=470\mu\text{F}$   $f_s=50\text{KHz}$   
את ערך הסליל נחשב מתוך הנתונים הבאים:  
מתח המוצא ו- D:

$$V_o = \frac{V_{ref} \cdot 10\text{K}}{20\text{K}} = 5\text{V}$$

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = 0.416$$

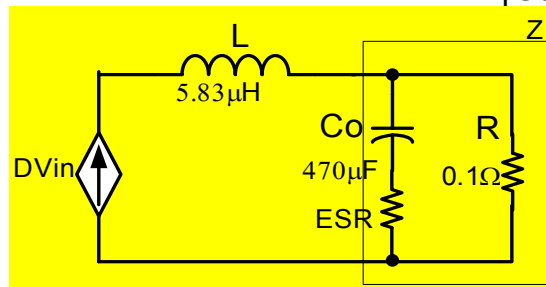
אדוות הזרם:

$$\Delta I = 0.2I_{Lavg} = 0.2I_o = 0.2 \frac{V_o}{R} = 10\text{A}$$

$$L = \frac{V_o(1-D)}{\Delta I \cdot f_s} = 5.83\mu.$$

1.1 (35%)

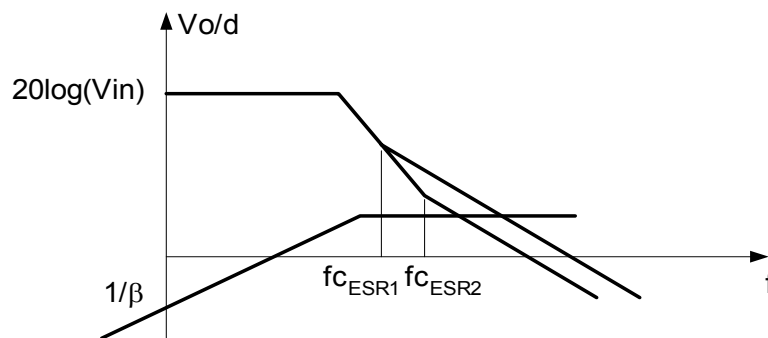
מודל ממוצע לדרגת ההספק:



1.2 (65%)

את פונקציית התמסורת (אות קטן) מחשבים לפי:

$$\frac{V_o}{d} = \frac{V_{in} \cdot Z(s)}{sL + Z(s)} = V_{in} \frac{R_{in}(sCR_{ESR} + 1)}{s^2 LC(R_{ESR} + R_o) + s(L + CR_{ESR}R_o) + R_o}$$



נרצה לסגור את חוג הבקרה עבור המקרה בו הקוטב בגין ה-ESR הוא בתדר הגבוה ביותר, כלומר עבור ESR הכי קטן ( $50m\Omega$ ). כדי להבטיח עבודה תקינה גם עבור ESR גבוה יותר.

$$f_{c\_ESRmin} = \frac{1}{2\pi \cdot C_o R_{ESRmin}} = 6.8KHz$$

נבקש לסגור את החוג בתדר 10KHz, ערך Vo/d יהיה:

$$\frac{V_o}{d}(10KHz) = \frac{1}{\beta}(10KHz) = 1.33$$

כאשר התדר גבוה, הקבל Cf קצר ולכן,

$$\frac{1}{\beta}(f = 10KHz) = \frac{1}{\frac{1}{5V - 1V} \cdot \frac{10K\Omega}{R_f}} = 1.33$$

$$R_f = 30K\Omega$$

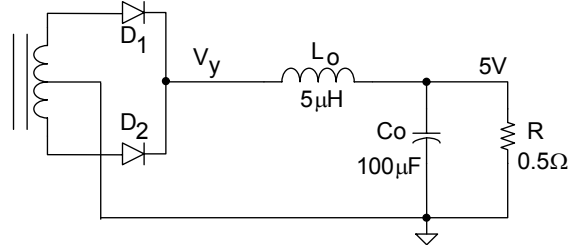
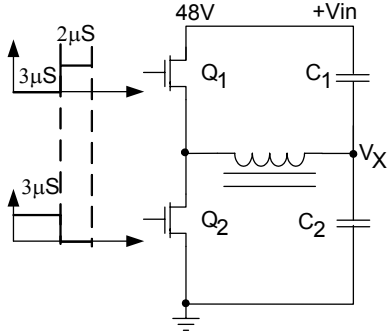
יש לציין כי מתחשבים בהגבר של ה-PWM לפי השיפוע. נרצה למקם את תדר הברך בדקדה לפני החיתוך, מכאן נחשב את ערך הקבל:

$$f_{cr} = \frac{1}{2\pi \cdot R_f C_f} = 1KHz$$

$$C_f = \frac{1}{2\pi \cdot R_f f_{cr}} = 530nF \rightarrow 470nF$$

## שאלה מס' 2

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



מניחים מצב עבודה CCM.  $C_1, C_2 \rightarrow \infty$ . ו-  $D$ . 2.1 (25%)

חשב את פונקציית התמסורת  $\frac{V_o}{V_{in}}(D)$ .

2.2 (25%)

חשב ושרטט את צורת הזרם וממוצע הזרם ב-  $D_1$  ו-  $D_2$ .

2.3 (25%)

חשב את הזרם הממוצע שיזרום במשני (משום שזמני ההולכה של שני חלקי המשני אינם זהים).

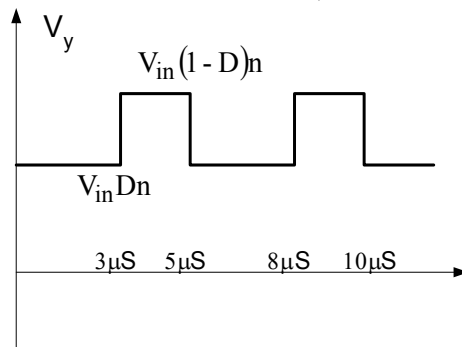
2.4 (25%)

הסבר מה ההשפעה של זרם ממוצע (DC) במשני וכיצד יש לתכנן את השנאי כדי שלא יכנס לרזויה.

## פתרון שאלה מס' 2

2.1 (25%)

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

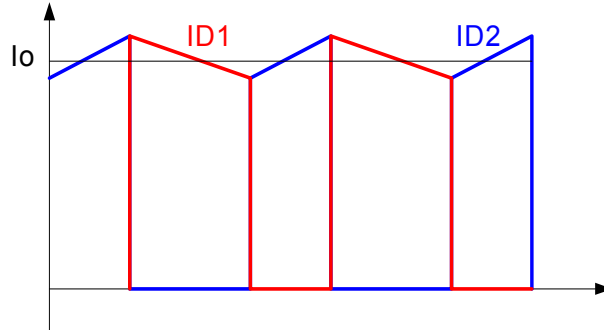


חישוב פונקציית התמסורת:

$$V_y = V_{out} = V_{in} D(1-D)n + V_{in} D(1-D)n \rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} = n[2D(1-D)]$$

2.2 (25%)

הזרם בדיודות יראה:



הזרם הממוצע בכל דיודה:

$$I_{D1} = I_o(1 - D)$$

$$I_{D2} = I_o D$$

2.3 (25%)

הזרם הממוצע במשני הוא הפרש של זרמי הדיודות:

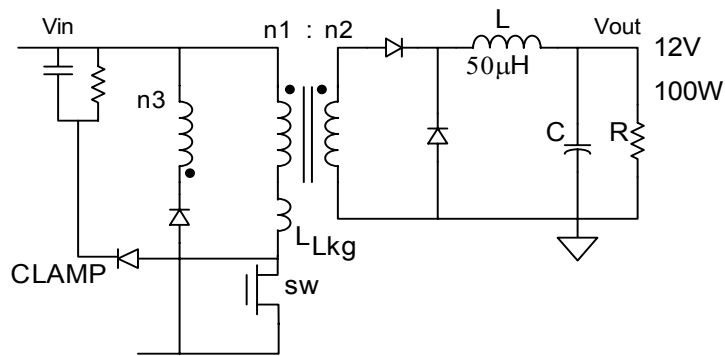
$$I_{sec\_avg} = I_{D1} - I_{D2} = I_o(1 - 2D)$$

2.4 (25%)

יש צורך בהוספת חריץ אוויר להתקן המגנטי בכדי להקטין את הפרמביליות ולאפשר עבודה עם זרם DC.

שאלה מס' 3

נתון ממיר Forward



מתח הכניסה Vin הוא בגבולות 270V-320V.  
מתח מקסימלי הדרוש על הטורנזיסטור (מצב off) הוא 400V

3.1 (40%)

חשב  $n1:n3$  האפשרי לפי הנתונים, ומהו תחום  $D$  האפשרי במערכת.  
וחשב  $n1:n2$  בהתחשב בתחום  $D$  האפשרי.

3.2 (30%)

בהנחה שהמערכת עובדת בחוג סגור. חשב מה יהיה  $D$  אם נגד העומס השתנה ל-  $100\Omega$  ומתח הכניסה הוא  $300V$ .

3.3 (30%)

בהנחה שזרם השיא בראשוני הוא  $0.5A$ , חשב את  $R$  ו-  $C$  של הקוטם אם המתח המותר על  $C$  הוא  $200V$  כאשר מתח הכניסה הוא  $300V$ .

### פתרון שאלה מס' 3

תיקון לשאלה:  $L_{lk}=10\mu H$  ותדר:  $f_s=50KHz$

3.1 (40%)

מתוך הדרישה למתח מקסימלי על המתג:

$$V_{sw\_off} = V_{in} + V_{in} \frac{n1}{n3}$$

בוחרים  $n1:n3$  לפי מתח כניסה מרבי:

$$\frac{n1}{n3} = 0.212$$

ביצירת סליל ה- $reset$  אנו דורשים פריקה עד ל- $0$ , כלומר:

$$V_{T_{reset}} > V_{T_{on}}$$

ומכאן,

$$D < \frac{1}{1 + \frac{n3}{n1}} = 0.175$$

נבחר את  $D$  המרבי ל-  $0.15$  ולפי פונקצית התמסורת ועבור מתח כניסה גבוה:

$$\frac{n1}{n2} = \frac{DV_{in}}{V_o} = 4.125$$

3.2 (30%)

כאשר המערכת בחוג סגור, הממיר יעבור למצב עבודה  $DCM$ , פונקצית התמסורת היא:

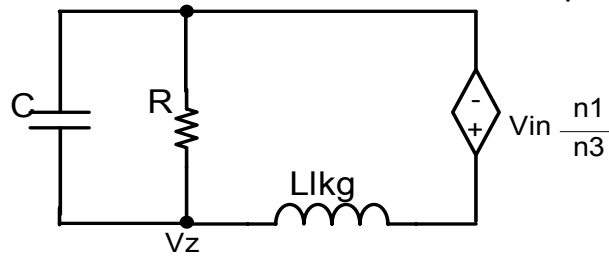
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{D_{on}}{D_{on} + D_{off}} \frac{n2}{n1}$$

ולאחר פיתוח נקבל:

$$D_{on} = \sqrt{\frac{2Lf_s}{R} \frac{1}{\left(\frac{V_{in}}{V_{out}} \frac{n2}{n1} - 0.5\right)^2 - 0.25}} = 0.04$$

3.3 (30%)

המודל עבור המצב הנתון הוא:



את ההספק המתבזבז בנגד של הקוטם ניתן להציג באופן הבא:

$$\frac{V_z^2}{R} = I_{L_{lkg\_av}} V_z$$

חישוב הזרם דרך השראות הזליגה:

בזמן עבודת הקוטם הסליל הפיזור יהיה משולש בעל שיפוע:

$$\frac{V_z - V_{in} \frac{n1}{n3}}{L_{lkg}}$$

ומכאן, הזרם הממוצע יהיה:

$$I_{L_{lkg\_av}} = \frac{I_{pk}}{L_{lkg}} \frac{I_{pk}}{2T_s} = \frac{0.5}{200 - 64} \frac{0.5}{40\mu} = 0.46mA$$

ערכו של הנגד יהיה:

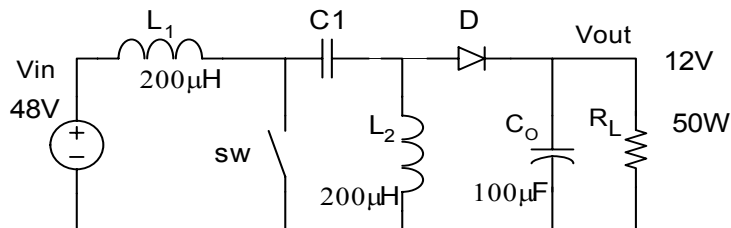
$$R = \frac{V_z}{I_{L_{lkg\_av}}} = 435K\Omega$$

נבחר את הקבל כדי לקיים קבוע מחזור מהיר מתדר המיתוג:

$$C = \frac{10}{Rf_s} = 0.46nF$$

שאלה מס' 4

נתון ממיר Sepic.



4.1 (34%)

חשב את האדווה במוצא בהזנחת ה-ESR.

4.2 (33%)

חשב את זרם rms דרך C1 וחשב את מתח האדווה עליו.

4.3 (33%)

חשב את ההפסדים של הדיודה אם נתון שניתן לתאר אותה בזמן הולכה כמקור מתח 1V ונגד פנימי 0.1Ω.

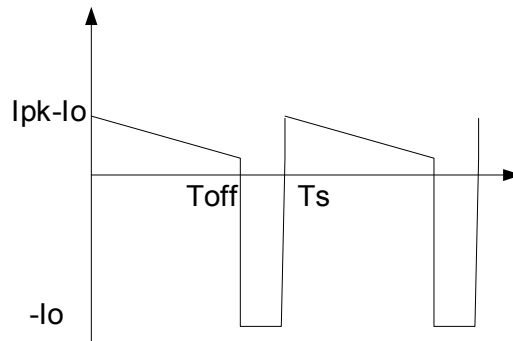
#### פתרון שאלה מס' 4

תיקון לשאלה:  $C1=10\mu F$  ותדר המיתוג:  $f_s=50\text{KHz}$   
חישוב D:

$$\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} = \frac{D}{1-D} \rightarrow D = 0.2$$

4.1 (34%)

הזרם בקבל יראה:



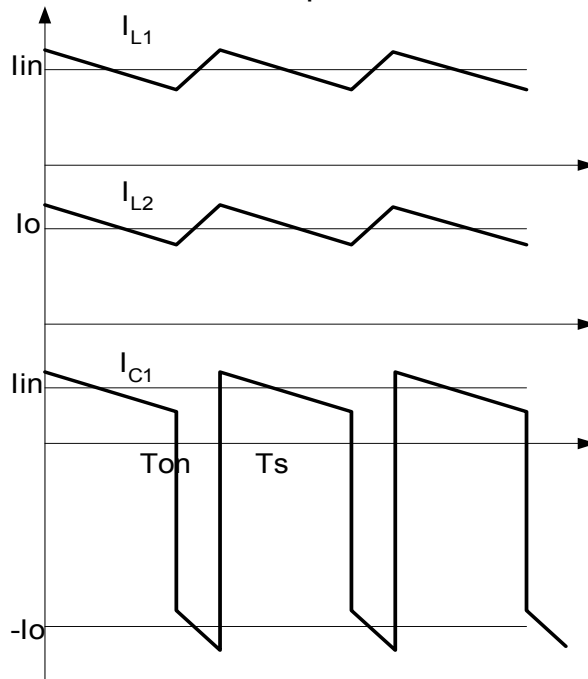
חישוב אדוות מתח המוצא:

$$\Delta V_{\text{out}} = \frac{Q}{C} = \frac{I \cdot \Delta T}{C} = \frac{I_o \cdot T_{\text{on}}}{C} = \frac{\frac{P_o}{V_o} \cdot 4\mu}{100\mu} = 167\text{mV}$$



4.2 (33%)

בזמן ON הזרם ב-C1 שווה לזרם ב-L2 ובזמן OFF הזרם ב-C1 שווה לזרם ב-L1.



חישוב אדוות המתח:

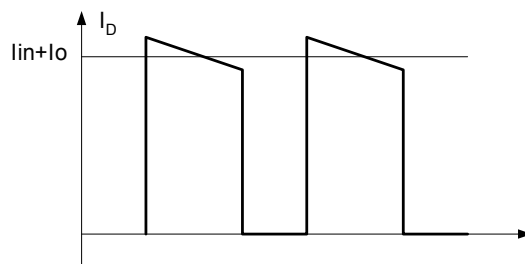
$$\Delta V_{C1} = \frac{Q}{C} = \frac{I \cdot \Delta T}{C} = \frac{I_o \cdot T_{on}}{C_1} = \frac{4.167 \cdot 4\mu}{10\mu} = 1.67V$$

זרם rms:

$$I_{C1\_rms} = \sqrt{I_{in}^2 D + I_o^2 (1-D)} = 2.1A$$

4.3 (33%)

הזרם בדיודה שווה לסכום הזרמים בסלילים ויראה:



הפסדים בגין מתח הולכה:

$$P_{DV} = I_{Dav} V_{on} = (I_{in} + I_o) D_{off} V_{on} = 4.167W$$

הפסדים בגין מתח הולכה (בהזנחת אדוות הזרם):

$$P_{DR} = I_{Drms}^2 R_{on} = (I_{in} + I_o)^2 D_{off} R_{on} = 2.17W$$

כאשר:

$$I_{in} = \frac{P_o}{V_{in}}$$