



אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

תאריך הבחינה: 1.02.2008

שם המורה: פרופ' שמואל בן-יעקב

מבחן ב: ממירי DC-DC ממותגים

מס' קורס: 361.1.4561

מיועד לתלמידי: הנדסת חשמל ומחשבים

שנה: תשס"ח סמ': א מועד: א.

משך הבחינה: 3 שעות

חומר עזר: כל חומר עזר מותר.

מדור בחינות

ההצלחה

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

תכנן ממיר Boost לתנאים הבאים:
מתח כניסה 10V-15V
מתח מוצא 30V
הספק 50W
אדוות מתח המוצא 0.1Vp-p
הספק פיזור מכסימלי על הטרנזיסטור בגין הפסדי הולכה: 2W
מניחים תדר מיתוג 100KHz

התכנון יכלול חישוב השראות הסליל, ESR של קבל המוצא וקביעת R_{DSon} של הטרנזיסטור. בחישוב הסליל יש להניח שבהספק נומינלי $\Delta I/I_{av}$ לא יהיה גדול מ 0.3.

הערה: לשם הקלה בחישוב מותר להניח כי ה-ESR של קבל המוצא הוא הגורם העיקרי לאדוות מתח המוצא.

פתרון שאלה מס' 1

המצב בו הזרם הסליל הממוצע יכול להיות בערכו המרבי (בהספק נתון) הוא כאשר מתח הכניסה נמוך.

$$I_{L_{av}} = \frac{P_o}{V_{in_min}} = 5A$$

ערך הסליל מחושב לפי גובה האדווה המותרת (חישוב למשך זמן on)

$$L = \frac{V \Delta T}{\Delta I} = \frac{V_{in_min} t_{on_max}}{0.3 I_{L_{av}}} = 44.67 \mu H$$

ערך r_{ms} של זרם הסליל יהיה

$$I_{L_{rms}} = \sqrt{I_{L_{av}}^2 + \frac{0.3 I_{L_{av}}^2}{12}} \approx I_{L_{av}} (5.02A)$$

ההפסדים במתג מחושבים לפי ריבוע זרם r_{ms} במתג באופן הבא

$$P_{R_{DSon}} = I_{L_{rms}}^2 D R_{DSon} = 2W$$

ומכאן

$$R_{DSon} = \frac{P_{R_{DSon}}}{I_{L_{rms}}^2 D} = 0.12 \Omega$$

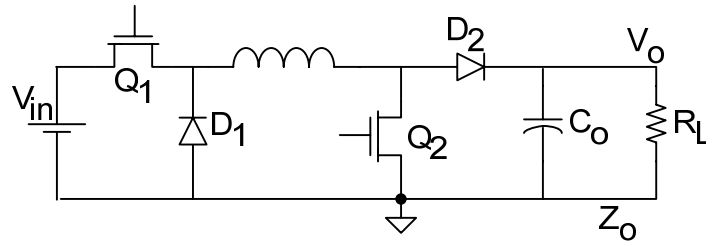
אדוות מתח המוצא העיקרית (לפי הנחת השאלה) נגרמת כתוצאה מה ESR לכן אדוות מתח המוצא תהיה

$$\Delta V_o = \Delta I \cdot ESR = 0.1 V_{p-p}$$

$$ESR = \frac{\Delta V_o}{\Delta I} = 66 m\Omega$$

שאלה מס' 2

נתון ממיר Buck-Boost שאינו מהפך קוטביות. שני המתגים מופעלים בו זמנית



2.1 (30%)

חשב את פונקציית התמסורת ב-DCM $V_o/V_{in}=f(D, L, f_s, R_L)$.
 רמז: ניתן להשתמש בעיקרון השוואת אנרגיות בין כניסה למוצא.

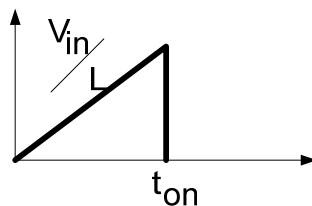
2.2 (70%)

שרטט מודל ממוצע לממיר ב-CCM ובצע ליניאריזציה למודל (אין צורך לחלץ תמסורת)

פתרון שאלה מס' 2

2.1

את ההספק בכניסה ניתן לחשב מתוך מכפלת הזרם הממוצע והמתח בכניסה



$$P_{in} = I_{L,av} V_{in} = \frac{1}{T_s} \left(\frac{V_{in} t_{on} t_{on}}{2} \right) V_{in}$$

והספק המוצא לפי

$$P_o = \frac{V_o^2}{R_L}$$

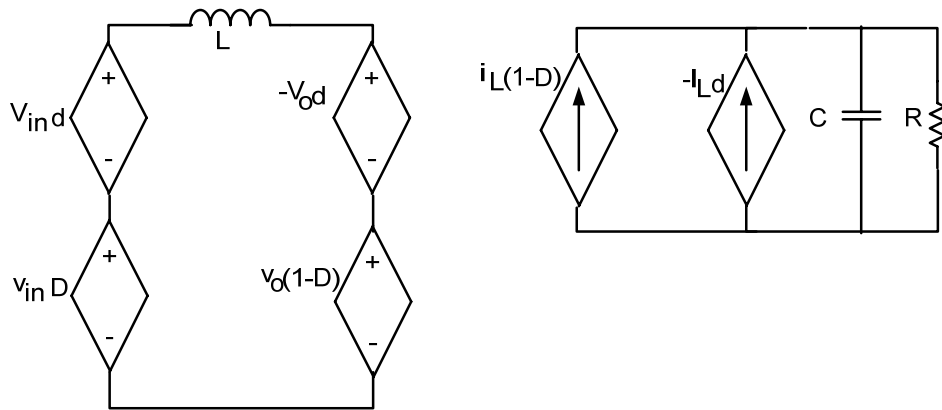
ומתוך כך:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \sqrt{\frac{D_{on}^2 R_L}{2L f_s}}$$

2.2

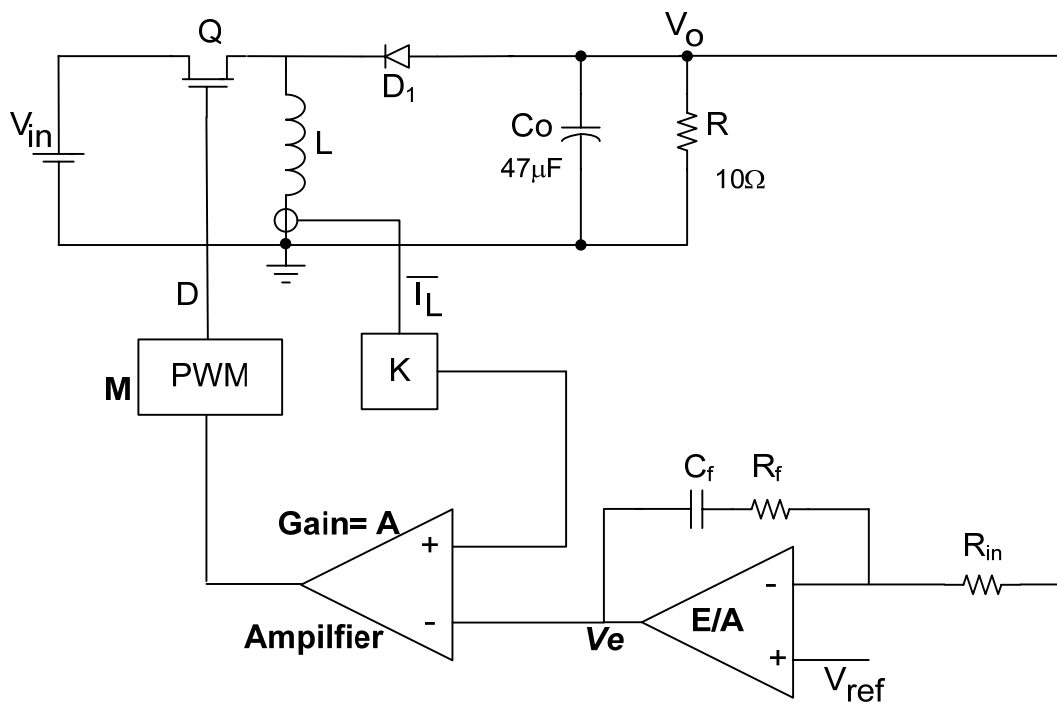
מודל ממוצע

לאחר לינאריזציה (אות גדולה – אות גדול (ערך בנק' עבודה), אות קטנה – אות קטן (שינויים))



שאלה מס' 3

נתון ממיר Buck-Boost המבוקר במשוב זרם ממוצע

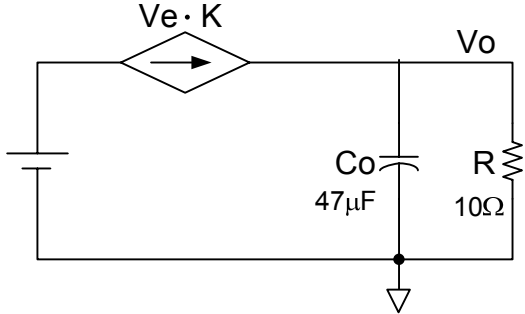


3.1 (25%)

בהנחה שמתח הכניסה והמוצא קבועים, חשב את פונקציית התמסורת לאות קטן של $I_L/d(f)$. הנחיה: שרטט את המודל הממוצע מסביב לסליל ובצע ליניאריזציה. (תזכורת – תוצר אות קטן של קבוע הוא אפס)

3.2 (35%)

מניחים שבנקודת העבודה ומסביב לתדר 3KHz המעגל ניתן לתיאור באופן הבא

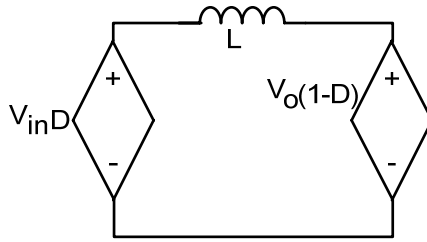


כאשר $K=0.2$. בהנתן $R_{in}=1K\Omega$, חשב R_f ו C_f ליציבות המעגל.

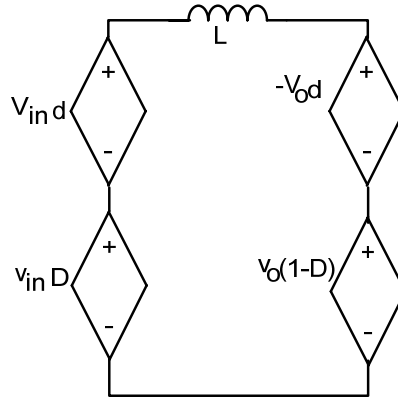
פתרון שאלה מס' 3

3.1

החלק הרלוונטי לפתרון הבעיה הוא המודל באיזור הסליל



ובאות קטן

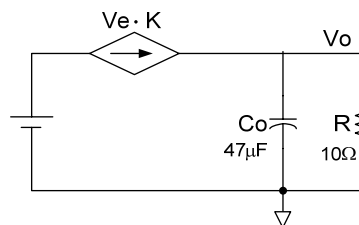


מכיוון שתוצר אות קטן של קבוע הנו אפס – שני המקורות התחתונים מתבטלים, ומכאן, התמסורת בעבור זרם הסליל תהיה

$$\frac{i_L}{d} = \frac{V_{in} - V_o}{sL}$$

3.2

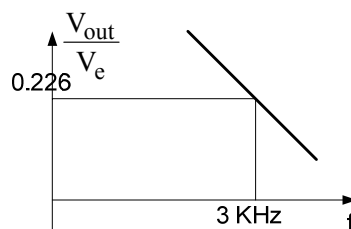
המעגל מסביב לנק' העבודה:



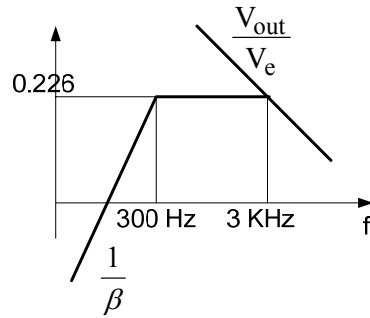
$$\frac{V_{out}}{V_e} = K \frac{R}{sCR + 1} \xrightarrow{f \approx 3\text{KHz}} K \frac{1}{sC}$$

ערך התמסורת בתדר 3 KHz:

$$\frac{V_{out}}{V_e}(f = 3\text{KHz}) = K \frac{1}{2\pi f C} \approx 0.226$$



נרצה שהתמסורת של רשת הקיזוז תראה:



פונקציית 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- $R_{in} = 1 \text{ K}\Omega$):

$$\frac{1}{\beta}(f = 3\text{KHz}) = \frac{R_{in}}{R_f} = 0.226$$

$$R_f = 4.4\text{K}\Omega$$

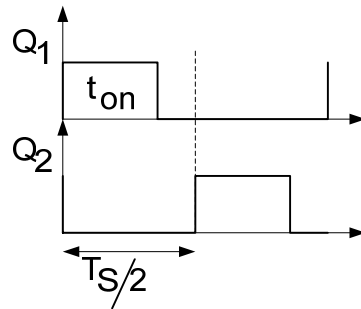
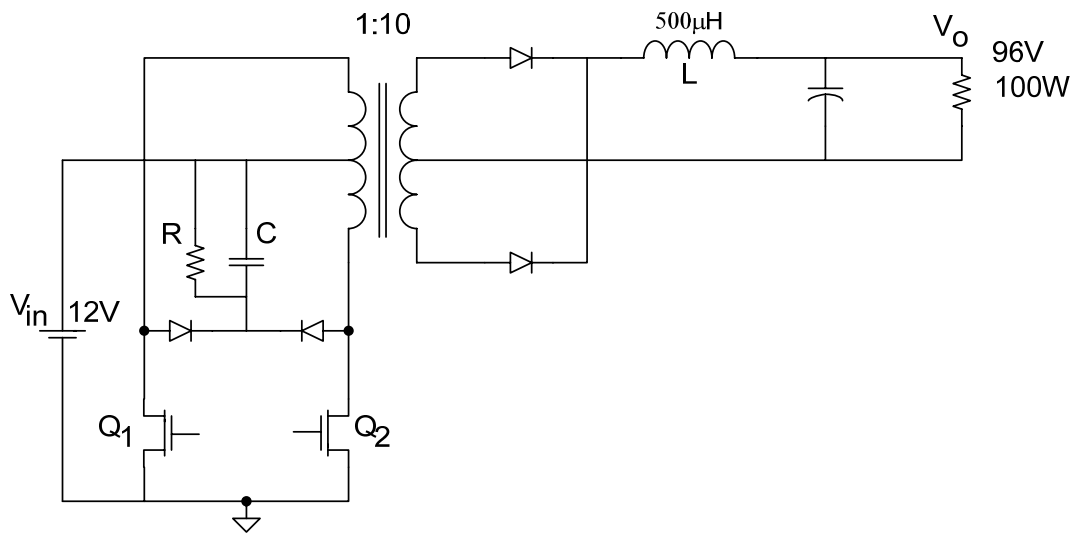
נרצה למקם את תדר הברך בדקדה לפני החיתוך, מכאן נחשב את ערך הקבל:

$$f_{cr} = \frac{1}{2\pi \cdot R_f C_f} = 300\text{Hz}$$

$$C_f = \frac{1}{2\pi \cdot R_f f_{cr}} = 120\text{nF}$$

שאלה מס' 4

נתון ממיר דח-סוף (Push-Pull) כמשורטט
 תדר המיתוג 50KHz
 D מיוחס לפי חצי מחזור כמשורטט



4.1 (25%)

חשב את D הדרוש לפעולת המערכת.

4.2 (35%)

חשב ושרטט זרם דרך הטרנזיסטורים Q1 ו Q2

4.3 (40%)

כאשר קיימת השראות פיזור $L_{lk} = 1\mu H$ בשנאי, חשב את R ו C של הקוטם אם המתח המותר על הקבל הוא 50V.

פתרון שאלה מס' 4

4.1

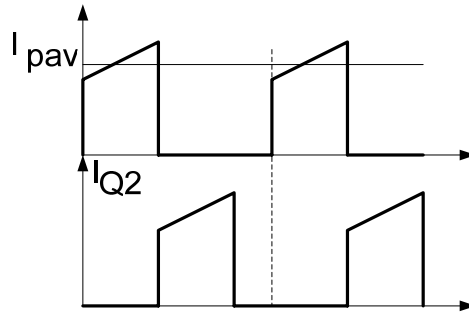
ערך Don מיוחס לפי חצי מחזור יקבע לפי

$$\frac{D_{on}}{T/2} = \frac{V_o}{V_{in}} \cdot \frac{1}{n}$$

ומכאן בעבור המחזור השלם

$$D_{on} = 0.4$$

4.2



את הזרם הממוצע ניתן לחשב מתוך ידיעת נתוני המוצא ויחס הליפופים

$$I_{sav} = \frac{P_o}{V_o} = 1.04A$$

$$I_{pav} = n I_{sav} = 10.4A$$

את אדוות הזרם נחשב לפי זמן off

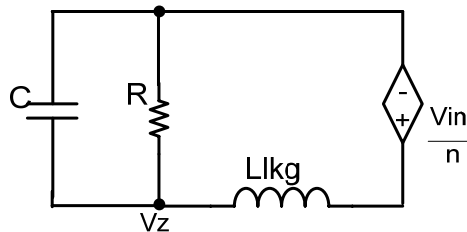
$$\Delta I_p = n \Delta I_s = n \frac{V_o D_{off}}{L_f} = 10 \cdot 0.78 = 7.8A$$

ומכאן ערך שיא הזרם יהיה

$$I_{pk} = I_{av} + \frac{\Delta I}{2} = 14.24A$$

4.3

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:

$$\frac{V_z - \frac{V_o}{n}}{L_{lkg}}$$

ומכאן, הזרם הממוצע יהיה:

$$I_{L_{lkg_av}} = \frac{I_{pk}}{L_{lkg}} \frac{I_{pk}}{V_z - \frac{V_{in}}{n}} = \frac{14.24^2}{50 - 9.6} \frac{1}{20 \mu} = 0.251A$$

ערכו של הנגד יהיה:

$$R = \frac{V_z}{I_{L_{lkg_av}}} = 200\Omega$$

נבחר את הקבל כדי לקיים קבוע מחזור מהיר מתדר המיתוג:

$$C = \frac{10}{R f_s} = 0.5 \mu F$$