



אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

תאריך הבחינה: 23.03.2008

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: ב.

משך הבחינה: 3 שעות

חומר עזר: כל חומר עזר מותר.

מדור בחינות

ההצלחה

מותר שימוש במחשבוניו בלבד

אין להעביר חומר ו/או מחשבים בין

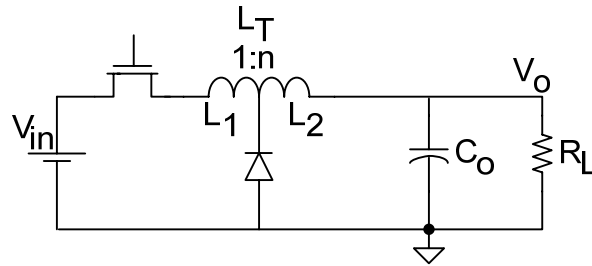
הנבחים

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 עם סליל בעל סנף. $f_s = 100\text{KHz}$.



1.1 (50%)

בהנחה שהמערכת עובדת ב CCM חשב את התמסורת במצב המתמיד $V_o/V_{in} = f(D)$

1.2 (50%)

שרטט את צורת הזרם המתג בהינתן ההשראות הכוללת $L_T = 100\mu\text{H}$, מתח כניסה 10V , מתח מוצא 5V ההספק 20W (בהזנחת הפסדים) ו- $D = 0.6$.

פתרון שאלה מס' 1

1.1

נסמן את המתח על כל הסליל (ראשוני ומשני) כ- V ואת המתח על L_2 כ- V_2 יחס הליפופים יחושב לפי:

$$\frac{V}{n+1} = \frac{V_2}{n} \rightarrow V_2 = \frac{n+1}{n}V$$

במהלך זמן חס המתח על הסליל יהיה

$$V = V_{in} - V_o$$

ובזמן off

$$V_2 = V_o \rightarrow V = \frac{n+1}{n}V_o$$

מכיוון שהמתח הממוצע בסליל אפס, נרשום את השיוויון הבא

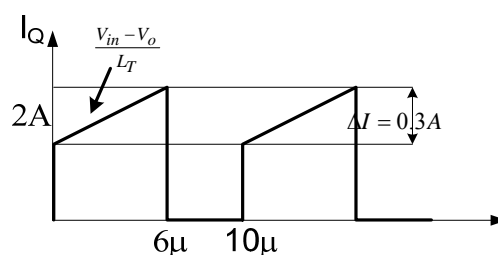
$$(V_{in} - V_o)D_{on} - \left(\frac{n+1}{n}V_o\right)D_{off} = 0$$

ומכאן

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{D_{on}}{1 + \frac{1}{n}(1 - D_{on})}$$

1.2

זרם המתג יהיה מהצורה



מתוך הנתונים עבור ההספק ומתח הכניסה, הזרם הממוצע בכניסה (במתג):

$$I_{in_av} = \frac{P_o}{V_{in}} = 2A$$

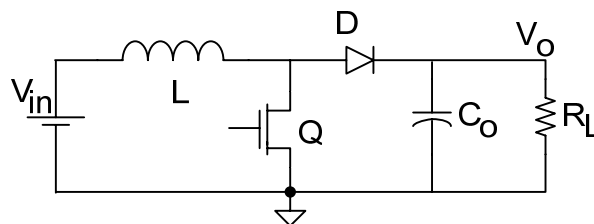
אדוות הזרם

$$\Delta I = \frac{(V_{in} - V_o)D_{on}}{L_T f} = \frac{5 \cdot 6 \mu}{100 \mu} = 0.3A$$

הממיר יעבוד ב CCM משום שאדוות הזרם קטנה ביחס לזרם הממוצע

שאלה מס' 2

נתון ממיר Boost כמשורטט



$$V_{in}=200V, V_o=400V, P_o=500W$$

$$F_s=100KHz$$

נבדקות שתי חלופות לבניית המעגל: עבודה ב CCM ועבודה בגבול CCM-DCM.
ב CCM: $\Delta I / I_{av} = 0.1$ (בסליל)

2.1 (30%)

חשב ושרטט את זרם המתג Q עבור CCM ועבודה בגבול
2.2 (50%)

חשב את L ואת Δp בכל אחד מהמקרים.

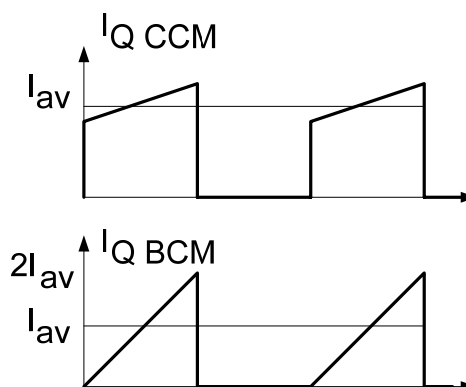
(ניתן להשאיר את התוצאה עם הקבועים JKB)

2.3 (20%)

הסבר ונמק מהם היתרונות והחסרונות של עבודה בגבול CCM-DCM.

פתרון שאלה מס' 2

2.1



במצב CCM

ערך ממוצע:

$$I_{L_{av}} = \frac{I_o}{D_{off}} \frac{V_{in_min}}{D_{off}} = 2.5A$$

ערך שיא:

$$I_{pk} = I_{av} + \frac{\Delta I}{2} = 1.05 \cdot I_{av} = 2.625A$$

במצב BCM

ערך ממוצע נשאר כמו ב CCM

ערך שיא:

$$I_{pk} = \Delta I = 2 \cdot I_{av} = 5A$$

2.2

השראויות הסלילים בכל אחד ממצבי העבודה תלויים באדוות הזרם

$$L_{CCM} = \frac{V_{in} D_{on}}{\Delta I f} = \frac{V_{in} D_{on}}{0.1 I_{av} f} = 4mH$$

$$L_{BCM} = \frac{V_{in} D_{on}}{\Delta I f} = \frac{V_{in} D_{on}}{2 I_{av} f} = 200\mu H$$

ערכי rms

$$I_{L_{rms_CCM}} = \sqrt{I_{L_{av}}^2 + \frac{0.1 I_{L_{av}}^2}{12}} \approx I_{L_{av}} (2.5A)$$

$$I_{L_{rms_BCM}} = \sqrt{I_{L_{av}}^2 + \frac{2 I_{L_{av}}^2}{12}} = 1.33 I_{L_{av}} = 2.88A$$

הגוף המגנטי

$$A_p = \frac{L I_{pk} I_{rms}}{JKB_{max}}$$

$$A_{p_CCM} = \frac{\frac{V_{in} D_{on}}{0.1 I_{av} f} \cdot 1.05 I_{av} I_{av}}{JKB_{max}} = 10.5 \frac{V_{in} D_{on} I_{av}}{f_s JKB_{max}}$$

$$A_{p_BCM} = \frac{\frac{V_{in} D_{on}}{2 I_{av} f} \cdot 2 I_{av} \cdot 1.33 I_{av}}{JKB_{max}} = 1.33 \frac{V_{in} D_{on} I_{av}}{f_s JKB_{max}}$$

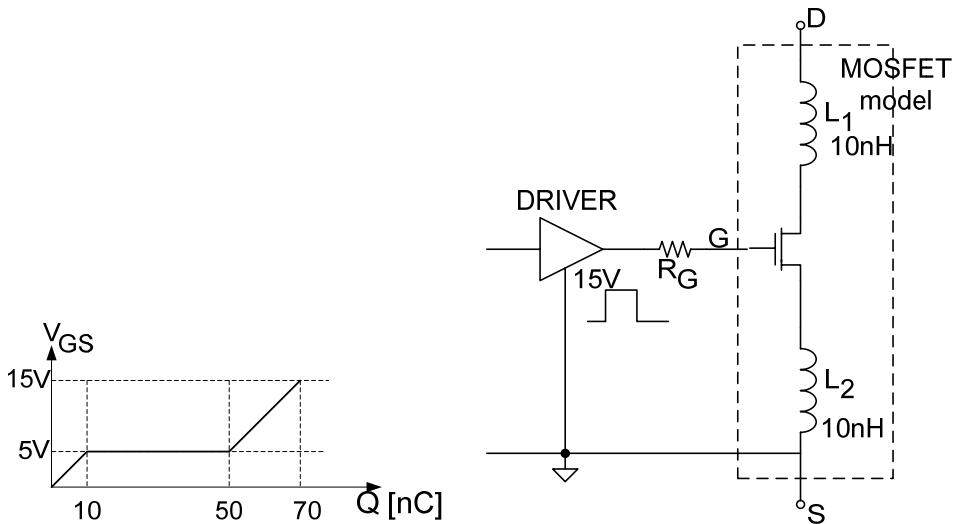
2.3

גבול CCM

יתרון – מיתוג בזרם אפס, אין הפסדי מיתוג, ירידת רעש מיתוג.
חסרון – אדוות זרם גבוהה.

שאלה מס' 3

נתון DRIVER המזין מתג MOSFET



$$R_G = 3.3\Omega$$

3.1 (65%)

שרטט את צורת הזרם ב R_G בזמן עליה. יש לסמן ערכים וקבועי זמן ולהסביר מה קובע את משך כל אחד מהקטעים. (אין צורך לחשב משך כל קטע) בהזנחת L_1 ו L_2 .

3.2 (35%)

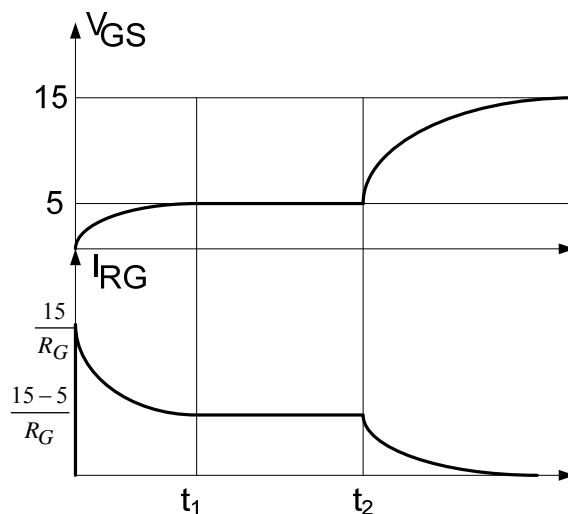
הסבר מה קורה כתוצאה מההשראות L_2 , כאשר מוצא הדוחף עובר מגבוה לנמוך אם הזרם ההתחלתי ב L_2 היה $10A$.

הערה: ניתן להזניח את ההתנגדות R_G במוצא הדוחף.

רמז: בזמן תופעת המעבר ניתן להניח שהמתח על גבי הקיבול C_{gs} נשאר קבוע.

פתרון שאלה מס' 3

3.1



חישוב הזמנים:
זמן t_1

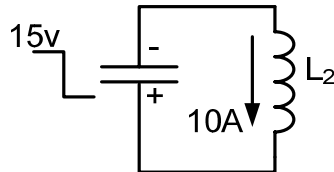
$$t_1 = -\ln\left(\frac{15-5}{R_G}\right)\tau$$

משך הזמן שבין t1 ל- t2

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{\Delta I} = \frac{50n - 10n}{\frac{15-5}{R_G}}$$

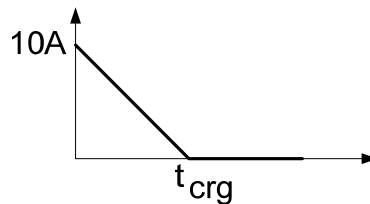
3.2

מעגל התמורה לעיניין זה יכלול את השראות L2 ואת הקיבול הפרזיטי Cgs של הטרנזיסטור



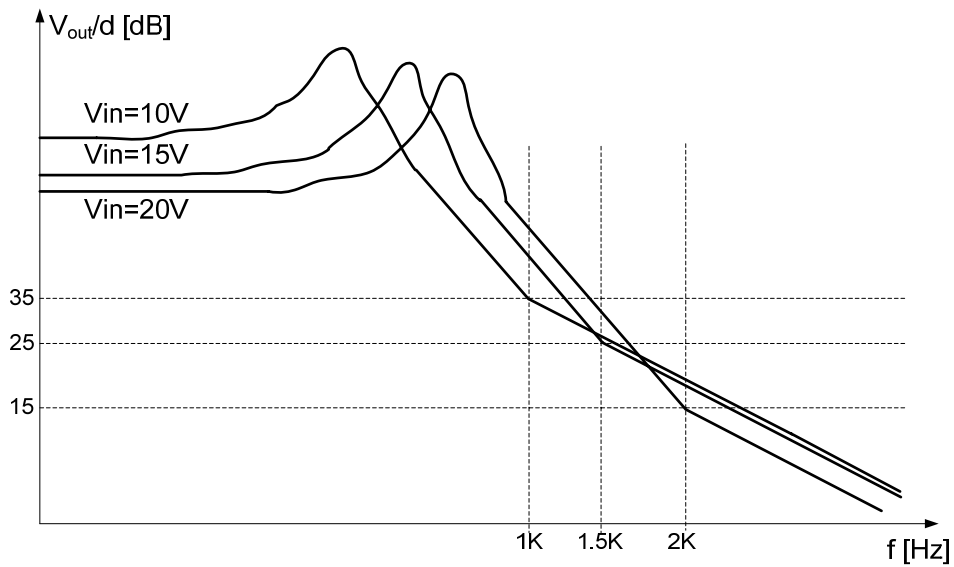
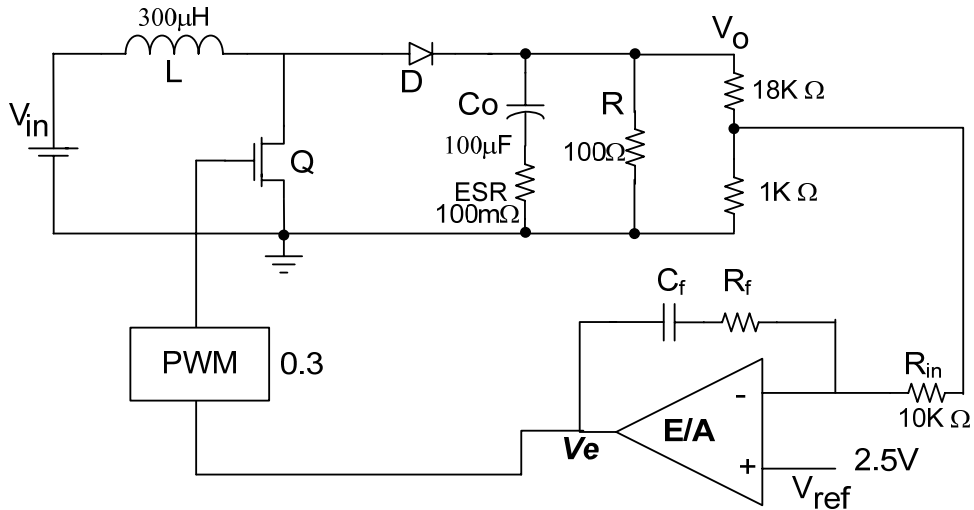
משך הזמן שיקח להשראות L2 להעביר את האנרגיה האגורה בה מחושב לפי

$$t_{crg} = \frac{\Delta I \cdot L}{\Delta V} = \frac{10 \cdot 10n}{15} = 6.67nS$$



שאלה מס' 4

נתון ממיר Boost כמשורטט ונתונה משפחת פונקציות התמסורת של הממיר עבור מתחי כניסה בין 10V ל- 20V.



4.1 (70%)

חשב את R_f ו C_f בכדי לייצב את המערכת בחלק התמסורת הנקבע על ידי ה ESR. יש להבטיח את יציבות המערכת עבור כל תחום שינוי מתח הכניסה.

4.2 (30%)

בהנחה שמגבר השגיאה מעשי, הסבר את השיקולים בבחירת ערך הנגד R_{in} .

פתרון שאלה מס' 4

יש להבטיח יציבות בכל התחום, המקרה החמור ביותר מבחינת היציבות (עם מבנה הבקר הנדרש) הוא כאשר מתח הכניסה הוא הגבוה ביותר.

תמסורת המשוב הנה

$$\beta = k \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{SCRf}{SC(R_{in} + R_1 \parallel R_2) + 1}$$

מתוך נתוני השאלה, ניתן להזניח את התוספת $R_{in} \parallel R_2$ ל R_1 בתדר 3KHz ניתן להתייחס כתדר גבוה, הקבל קצר ותמסורת המשוב תהיה

$$\frac{1}{\beta} = \frac{R1 + R2}{kR2} \frac{Rin}{Rf} = 10dB = 3.16$$

ומכאן

$$Rf = 200K\Omega$$

נקודת הברך תהיה דקדה לפני, בתדר 300Hz, נחשב את הקבל

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot Rf} = 2.65nF$$

4.2

שיקול 1

מחישוב של התנגדות הכניסה השקולה $Rin + R1 || R2$, יש לקחת בחשבון את השפעת כלל ההתנגדות על מיקום תדר הברך.

שיקול 2

מגבר שגיאה מעשי כולל זרמי היסט (bias) בהדקי הכניסה, כאשר נבחר נגד כניסה גדול, מפל המתח עליו כתוצאה מזרם ההיסט יהיה גדול והמתח הנדגם ממחלק המתח לא יעבור במלואו להדקי כניסת המגבר והתוצאה תהיה ויסות המוצא לערך שונה.

כאשר מבצעים תכנון ניתן להשמש כמדד השפעת התנגדות הכניסה ביחס בין מפל המתח הצפוי על נגד זה לבין ערך היחוס.