



אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

תאריך הבחינה: 17.02.2004

שם המורה: פרופ' שמואל בן-יעקב

מבחן ב: ממירי DC-DC ממותגים

מס' קורס: 361.1.4561

מיועד לתלמידי: הנדסת חשמל ומחשבים

שנה: תשס"ד 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

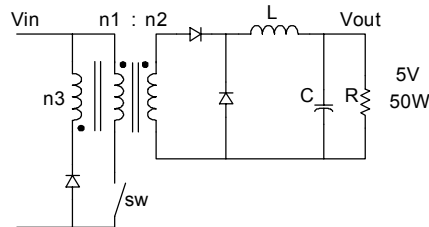
הנבחנים

הערות:

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

שאלה מס' 1

נתון ממיר Forward:



מניחים עבודה ב-CCM, מתח הכניסה בתחום 150V – 300V.

1.1

חשב $n1:n2$ כך ש D הגדול ביותר לא יעלה על 0.6

1.2

חשב L כך ש $\frac{\Delta I_L}{I_L} = 0.1$

1.3

חשב $n3$ להבטחת Reset בכל תחום מתח הכניסה וחשב מתח מכסימלי על המתג.

1.4

שרטט מודל ממוצע לממיר וחלץ ממנו את הביטוי ל- $\frac{V_{out}}{d}(f)$.

Solution 1

$$V_{in} = 150 \text{ V} - 300 \text{ V} \quad V_{out} := 5 \cdot \text{V} \quad P_{out} := 50 \cdot \text{W} \quad D_{max} := 0.6 \quad f_{sw} := 100 \cdot \text{kHz}$$

1.1

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{n_2}{n_1} \cdot D_{on}$$

the secondary winding voltage during ON time is:

$$V_{in_min} := 150 \cdot \text{V} \quad V_2 := \frac{V_{out}}{D_{max}} \quad V_2 = 8.333 \text{ V}$$

$$V_{in_max} := 300 \cdot \text{V} \quad \frac{n_1}{n_2} = N = \frac{V_{in_min}}{V_2} \quad N := \frac{V_{in_min}}{V_2} \quad N = 18$$

1.2

the maximal ratio is obtained in a case that Doff is of its max value, hence $V_{in} = V_{in_max}$

$$I_{out} := \frac{P_{out}}{V_{out}}$$

$$I_{L_{av}} := I_{out}$$

$$I_{L_{av}} = 10 \text{ A}$$

$$\Delta I := 0.1 \cdot I_{L_{av}}$$

$$D_{on} := \frac{V_{out} \cdot N}{V_{in_max}}$$

$$\Delta I = 1 \text{ A} \quad D_{on} = 0.3$$

$$D_{off} := 1 - D_{on}$$

$$L := \frac{V_{out} \cdot D_{off}}{\Delta I \cdot f_{sw}}$$

$$L = 3.5 \cdot 10^{-5} \text{ H}$$

1.3

The worst case in terms of reset is when D_{on} has a large value, therefore reset must occur in a short period. select D_{max} and V_{in_min} (minimal V_{in} is the only way to allow D_{max})

$$V_{in_min} \cdot D_{max} = (1 - D_{max}) \cdot \frac{n_1}{n_1} \cdot V_{in_min}$$

→

$$\frac{n_3}{n_1} \leq \frac{1}{D_{max}} - 1$$

$$\frac{n_3}{n_1} \leq 0.6667$$

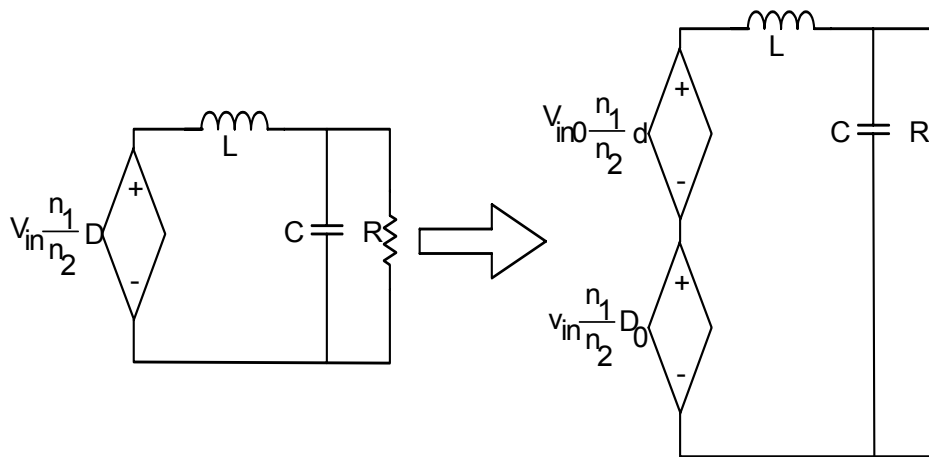
let n_3/n_1 be 0.5, the switch voltage be:

$$V_{sw} := V_{in_max} + \frac{V_{in_max}}{0.5}$$

$$V_{sw} = 900 \text{ V}$$

1.4

The forward converter average model is:

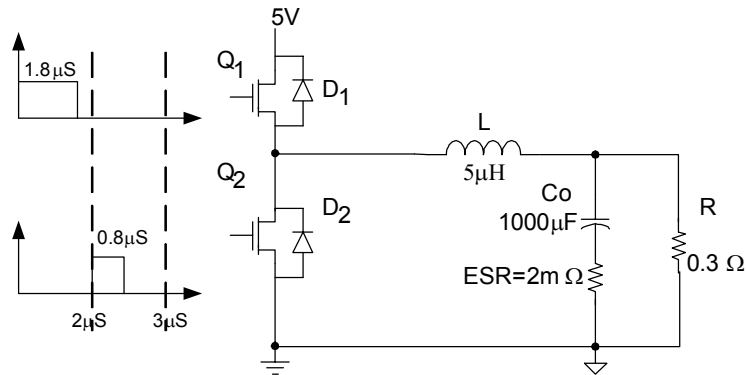


$$v_{out} = V_{in0} \cdot N \cdot d \cdot \frac{1}{sRC + 1} = V_{in0} \cdot N \cdot d \cdot \frac{R}{sL + \frac{R}{sRC + 1}}$$

$$\frac{v_{out}}{d} = \frac{V_{in0} \cdot \frac{n_2}{n_1}}{s^2 R^2 LC + \frac{sL}{R} + 1}$$

שאלה מס' 2

נתון ממיר buck עם מיישר סינכרוני, כלומר הדיודה מוחלפת בחלק מהזמן במתג.



2.1

בהנחה שהממיר עובד ב-CCM, חשב את מתח המוצא ושרטט זרמים דרך: D1, Q1, D2, Q2.

2.2

חשב את ההספק המתבזבז ב-ESR.

2.3

תן הערכה לאדוות המתח במוצא.

Solution 2

$$V_{in} := 5 \cdot V \quad T_s := 3 \cdot 10^{-6} \cdot s \quad T_{on} := 1.8 \cdot 10^{-6} \cdot s \quad R := 0.3 \cdot \Omega$$

$$ESR := 2 \cdot 10^{-3} \cdot \Omega \quad L := 5 \cdot \mu H \quad C_{out} := 1000 \cdot \mu F$$

$$D_{on} := \frac{T_{on}}{T_s} \quad D_{on} = 0.6$$

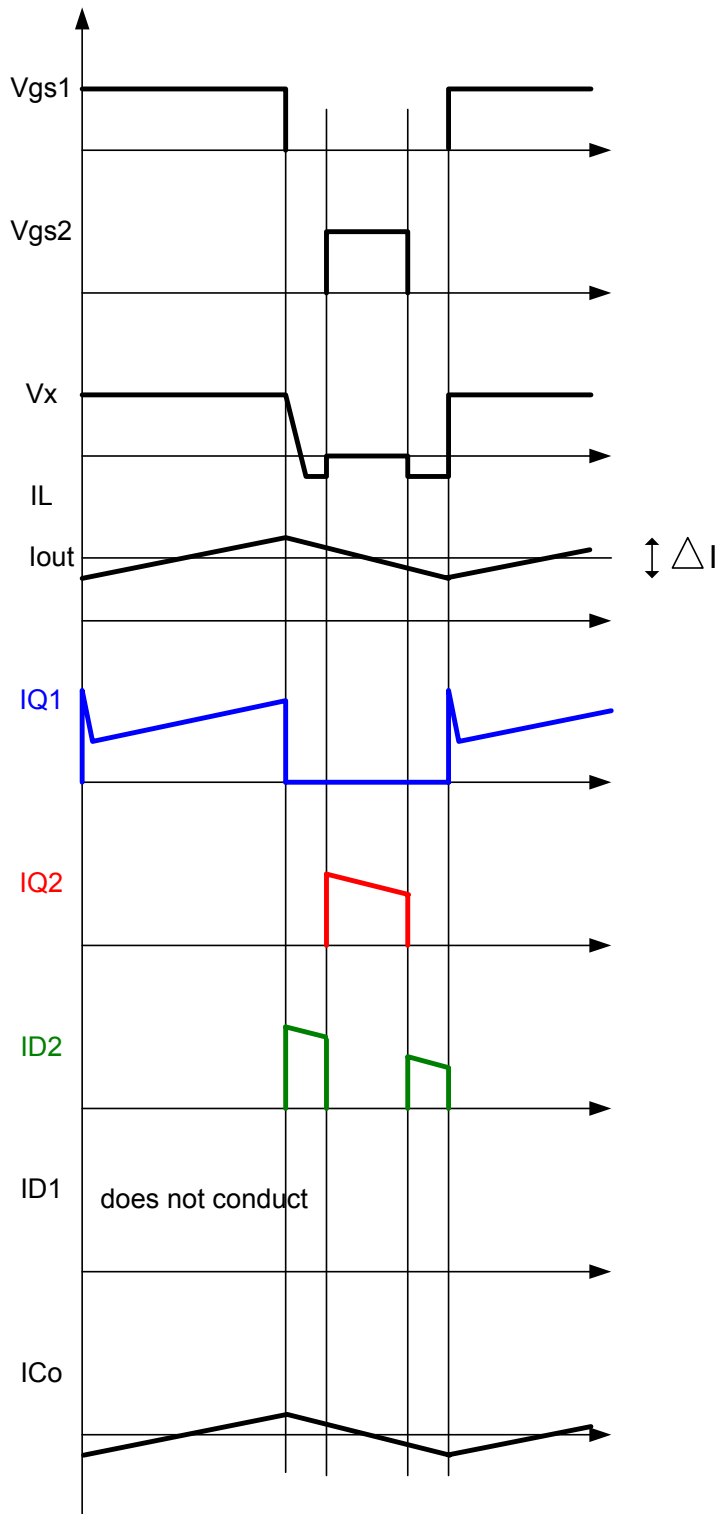
2.1

Neglecting the voltage drop across the switch and diode, the output voltage can be calculated as:

$$V_{out} := D_{on} \cdot V_{in} \quad V_{out} = 3 \text{ V}$$

$$\Delta I := \frac{(V_{in} - V_{out}) \cdot T_{on}}{L} \quad \Delta I = 0.72 \text{ A}$$

$$I_{out} := \frac{V_{out}}{R} \quad I_{Lav} := I_{out} \quad I_{Lav} = 10 \text{ A}$$



2.2

$$I_{Crms} := \frac{\Delta I}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad I_{Crms} = 0.208 \text{ A}$$

$$P_{ESR} := I_{Crms}^2 \cdot ESR \quad P_{ESR} = 8.64 \cdot 10^{-5} \text{ W}$$

2.3

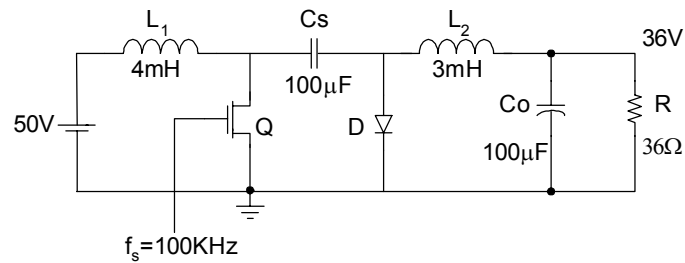
Output voltage ripple is a result of two elements ESR and the output capacitor.

$$\Delta V_{out} := \Delta I \cdot ESR + \frac{\left(\frac{\Delta I}{2} \cdot \frac{T_s}{2} \cdot \frac{1}{2} \right)}{C_{out}}$$

$$\Delta V_{out} = 1.71 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

שאלה מס' 3

נתון ממיר אט'C כמשורטט.



3.1

חשב ושרטט זרם דרך L1 ו L2.

רמז: זרם DC בכניסה משיקולי הספקים, ΔI ממפלי המתח על הסלילים.

3.2

חשב הפסדי פיזור דרך הטרנזיסטור אם $R_{dson} = 0.4$?

3.3

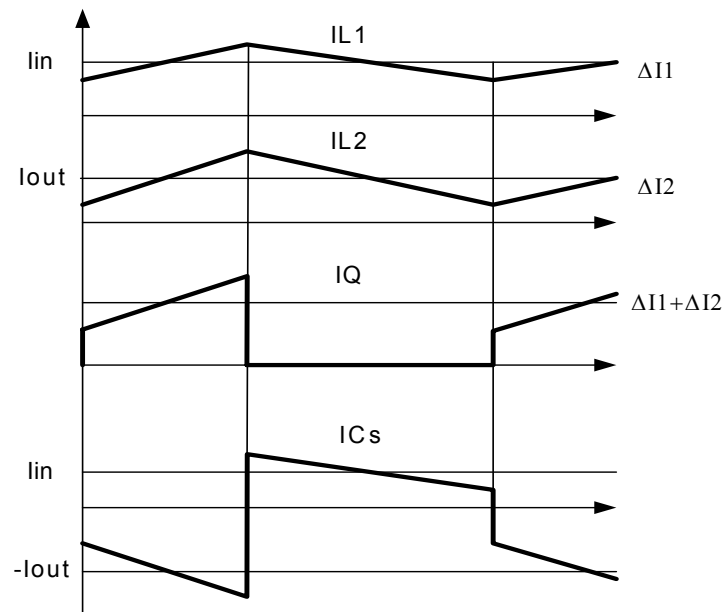
חשב זרם I_{RMS} דרך הקבל Cs.

Solution 3

$$L_1 := 4 \cdot \text{mH} \quad L_2 := 3 \cdot \text{mH} \quad f_{\text{sw}} := 100 \cdot \text{kHz} \quad R := 36 \cdot \Omega \quad R_{\text{dson}} := 0.4 \cdot \Omega$$

$$P_{\text{out}} := 36 \cdot \text{W} \quad V_{\text{in}} := 50 \cdot \text{V} \quad V_{\text{out}} := -36 \cdot \text{V}$$

3.1



$$D_{\text{on}} := \frac{\frac{-V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}}}{1 - \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}}}$$

$$D_{\text{on}} = 0.419$$

$$I_{\text{out}} := \sqrt{\frac{P_{\text{out}}}{R}}$$

$$I_{L2} := I_{\text{out}}$$

$$I_{L2} = 1 \text{ A}$$

$$P_{\text{in}} := P_{\text{out}}$$

$$I_{\text{in}} := \frac{P_{\text{in}}}{V_{\text{in}}}$$

$$I_{L1} := I_{\text{in}}$$

$$I_{L1} = 0.72 \text{ A}$$

$$\Delta I_1 := \frac{V_{in} \cdot D_{on}}{L_1 \cdot f_{sw}}$$

$$\Delta I_1 = 0.052 \text{ A}$$

$$\Delta I_2 := \frac{V_{out} \cdot (1 - D_{on})}{L_2 \cdot f_{sw}}$$

$$\Delta I_2 = -0.07 \text{ A}$$

3.2

$$I_{Qrms} := \sqrt{D_{on} \cdot \left[(I_{L1} + I_{L2})^2 + \frac{(\Delta I_1 + \Delta I_2)^2}{12} \right]}$$

$$I_{Qrms} = 1.113 \text{ A}$$

$$P_Q := I_{Qrms}^2 \cdot R_{dson}$$

$$P_Q = 0.495 \text{ W}$$

3.3

$$I_{L1rms} := \sqrt{I_{L1}^2 + \frac{\Delta I_1^2}{12}}$$

$$I_{L1rms} = 0.72 \text{ A}$$

$$I_{L2rms} := \sqrt{I_{L2}^2 + \frac{\Delta I_2^2}{12}}$$

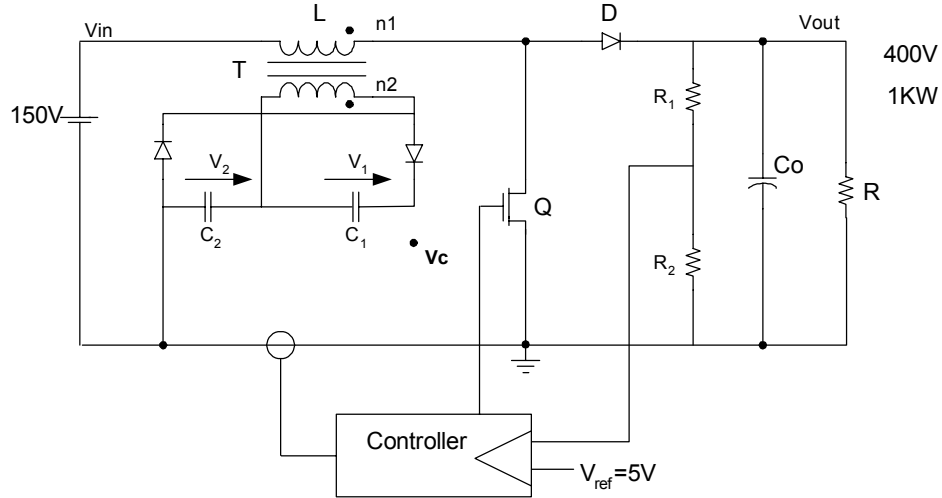
$$I_{L2rms} = 1 \text{ A}$$

$$I_{Csrms} := \sqrt{I_{L1rms}^2 \cdot D_{on} + I_{L2rms}^2 \cdot (1 - D_{on})}$$

$$I_{Csrms} = 0.894 \text{ A}$$

שאלה מס' 4

נתון ממיר boost. השנאי משמש ליצירת מתח נמוך לבקר, הקבלים C1 ו C2 נטענים מהמתח המושרה דרך השנאי.



4.1

חשב V_1 , V_2 , V_C כפונקציה של $n_1:n_2$.

4.2

חשב R_1 ו R_2 כך שהספק הפיזור של R_1 יהיה $200mW$.

4.3 בהנחה ש V_{in} הוא $150V$ או $300V$, חשב את היחס בין הספקי הפיזור של

$$\frac{P_{sw}(150V)}{P_{sw}(300V)}$$

בהזנת האדווה (ripple) של זרם השנאי.

Solution 4

$$V_{out} := 400 \cdot V \quad P_{R1} := 200 \cdot 10^{-3} \cdot W \quad P_{out} := 1 \cdot kW$$

4.1

$$V_2 = -V_{in} \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$V_1 = (V_{out} - V_{in}) \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$V_C = V_1 + V_2 = V_{out} \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

4.2

$$5 = V_{out} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = 79 \cdot R_2$$

$$P_{R2} := \frac{P_{R1}}{79} \quad P_{R1} + P_{R2} = \frac{V_{out}^2}{R_1 + R_2} \quad P_{R1} + P_{R2} = 0.203 \text{ W}$$

$$R_2 := \frac{V_{out}^2}{(P_{R1} + P_{R2}) \cdot 80}$$

$$R_2 = 9.875 \cdot 10^3 \Omega$$

$$R_1 := 79 \cdot R_2$$

$$R_1 = 7.801 \cdot 10^5 \Omega$$

4.3

ratio between switch power dissipation for two input voltages:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1 - D_{on}} \quad V_{in} = 150V \rightarrow D_{on} = 0.625$$

$$V_{in} = 300V \rightarrow D_{on} = 0.25$$

$$I_{out} = \frac{P_{out}}{V_{out}} \quad I_{Lav} = \frac{I_{out}}{1 - D_{on}}$$

$$\Delta I = \frac{V_{in} \cdot D_{on}}{L \cdot f_s}$$

$$I_{Qrms}^2 = D_{on} \cdot \left(I_{Lav}^2 + \frac{\Delta I^2}{12} \right) \quad P_Q = I_{Qrms}^2 \cdot R_{dson}$$

neglecting the current ripple, Power loss can be represented as:

$$P_Q = D_{on} \cdot I_{Lav}^2 \cdot R_{dson}$$

$$\frac{P_{Q150}}{P_{Q300}} = \frac{D_{on150} \cdot \frac{I_{out}}{(1 - D_{on150})^2}}{D_{on300} \cdot \frac{I_{out}}{(1 - D_{on300})^2}} = \frac{D_{on150}}{D_{on300}} \left(\frac{1 - D_{on150}}{1 - D_{on300}} \right)^2$$

$$\frac{P_{Q150}}{P_{Q300}} = 10$$