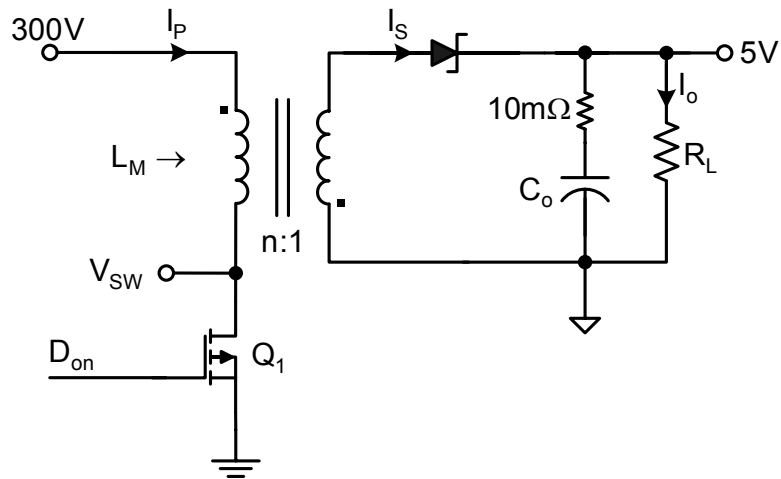


עבודה מספר 3

פיתרון שאלה מס' 1



2.1. במצב היציב המתח הממוצע על פני הסליל שווה לאפס לפיכך,

$$V_{in} \cdot T_{on} - n \cdot (V_o + V_D) T_{off} = 0$$

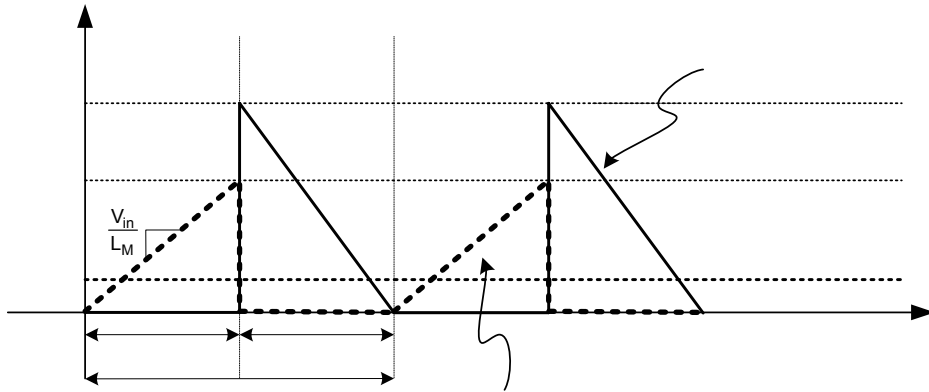
$$V_{in} \cdot D_{on} - n \cdot (V_o + V_D) \cdot (1 - D_{on}) = 0$$

$$n = \frac{V_{in} \cdot D_{on}}{(V_o + V_D) \cdot (1 - D_{on})} \approx 55$$

בעומס קל זרם המוצא קטן ולכן יש סיכוי גבוה לחדור ל-DCM. אי לכך, יש לתכנן סליל מספיק גדול

כך שעבור התחום המבוקש (50W-100W) הממיר יעבוד ב-CCM בכל תנאי.

נתחיל עם ההנחה שבעומס מינימאלי זרם הסליל מצוי על גבול CCM-DCM,



בניח שלשנאי נצילות 100%:

$$P_{o(\min)} + \frac{P_{o(\min)}}{V_o} \cdot V_D = P_{in} = V_{in} \cdot I_{P(av)} = V_{in} \cdot \underbrace{\frac{I_{P(pk)} \cdot T_{on}}{2 \cdot T_S}}_{I_{P(av)}} = V_{in} \cdot \underbrace{\frac{V_{in}}{L_M} \cdot D_{on} T_S}_{I_{P(pk)}} \cdot \frac{D_{on} T_S}{2 \cdot T_S} =$$

$$= \frac{V_{in}^2}{L_M} \cdot \frac{D_{on}^2}{2 \cdot f_S}$$

$I_S(pk)$ ונקבל ביטוי עבור L_M

$$L_M = \frac{V_{in}^2}{\left(P_{o(\min)} + \frac{P_{o(\min)}}{V_o} \cdot V_D \right)} \cdot \frac{D_{on}^2}{2 \cdot f_S} \approx 4mH$$

$I_P(pk)$

משמעות הדבר הוא שיש לתכנן את שנאי ה-Flyback כך ש- $L_M > 4mH$. לכן, נבחר $L_M = 10mH$

על מנת להבטיח עבודה ב-CCM עבור כל עומס נקוב.

2.2

מאמצים על הדיודה:

מתח אחורי,

$$V_{D(R)} = \frac{V_{in}}{n} + V_o = 10.45V$$

T_{on}

זרם מקסימלי במשני,

$$I_{S(pk)} = \frac{P_{o(max)}}{V_o \cdot (1-D_{on})} + \frac{\Delta I_S}{2} = \frac{P_{o(max)}}{V_o \cdot (1-D_{on})} + \frac{(V_o + V_D) \cdot n^2}{2 \cdot L_M} \cdot \frac{1-D_{on}}{f_S} \approx 48.3A$$

מאמצים על ה- Q_1 FET:

מתח מקסימלי,

$$V_{SW(max)} = V_{in} + (V_o + V_D) \cdot n = 602.5V$$

זרם מקסימלי בראשוני,

$$I_{P(pk)} = \frac{I_{S(pk)}}{n} \approx 0.88A$$

.2.3

בזמן ה- t_{on} של המתג הראשי Q_1 הקבל מתפרק דרך נגד העומס. נניח כי זרם הפריקה קבוע,

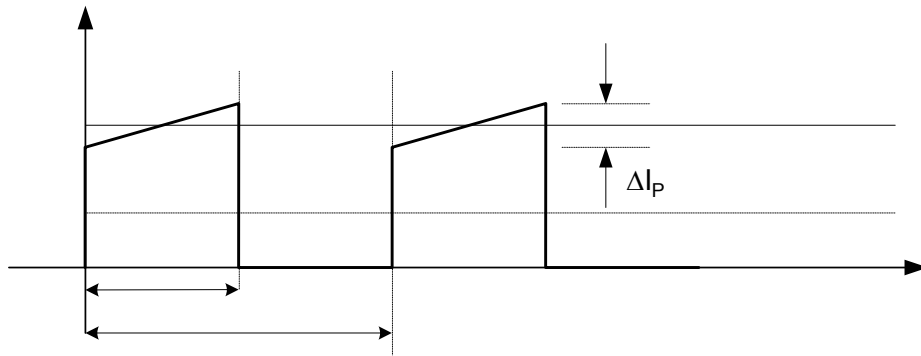
$$\left. \frac{dV_o}{dt} \right|_{0 < t < T_{on}} = \frac{I_{o(max)}}{C_o} \approx \frac{P_{o(max)}}{V_o \cdot C_o} \Rightarrow$$
$$C_o \approx \Delta t \cdot \frac{P_{o(max)}}{\Delta V_o \cdot V_o} = T_{on} \cdot \frac{P_{o(max)}}{\Delta V_o \cdot V_o} \Rightarrow$$
$$C_o \approx 666\mu F$$

.2.4

$$\Delta V_o \approx ESR \cdot \frac{P_{o(max)}}{V_o} + \frac{P_{o(max)}}{V_o \cdot C_o} \cdot T_{on} = 0.5V$$

.2.5

ההפסדים בגין Q_1 בלבד (בעומס מקסימלי):



$$P_{Q_1} = R_{ds(on)} \cdot I_{P(rms)}^2 = R_{ds(on)} \cdot D_{on} \cdot \left[I_{P(Flat)}^2 + \left(\frac{\Delta I_P}{2\sqrt{3}} \right)^2 \right]$$

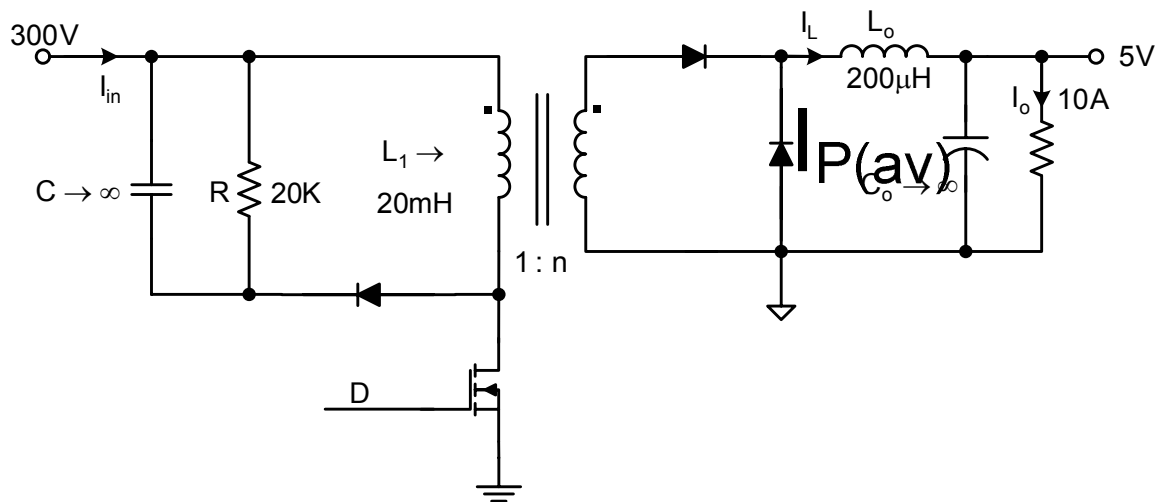
$$I_{P(Flat)} = \frac{P_{o(max)}}{V_o \cdot (1 - D_{on}) \cdot n} = 0.72A$$

$$\Delta I_P = \frac{V_{in}}{L_M} \cdot \frac{D_{on}}{f_s} = 0.3A$$

$$P_{Q_1} \approx 78.8mW$$

I_P

$I_{P(Flat)}$ פיתרון שאלה מס' 2



T_{on}

1.1. נניח CCM,

ב- CCM תמסורת ה- DC היא:

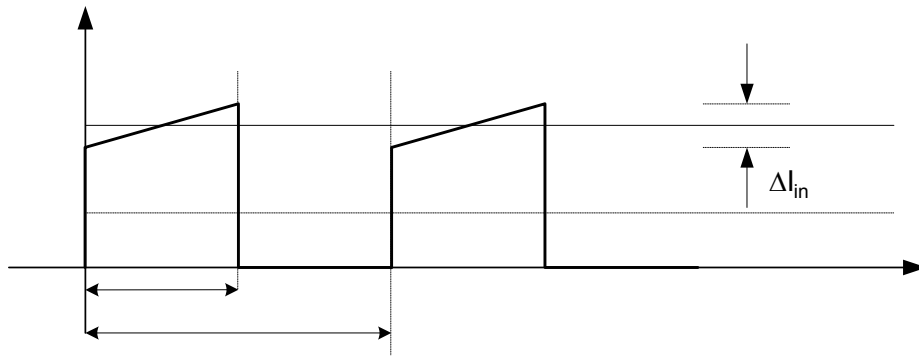
$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{n} \cdot D \Rightarrow n = 30$$

נבדוק אם אכן הממיר עובד ב- CCM,

$$\Delta I_L = \frac{V_o}{L_o} (1-D) T_S = 0.125A$$

$$\frac{\Delta I_L}{2} < I_{L(av)} = I_o \Rightarrow CCM$$

1.2. בהזנחת זרם המיגנוט,



$$I_{in(Flat)} = \frac{I_{L(av)}}{n} \approx 0.33A$$

$$\Delta I_{in} = \frac{\Delta I_L}{n} \approx 4.166mA$$

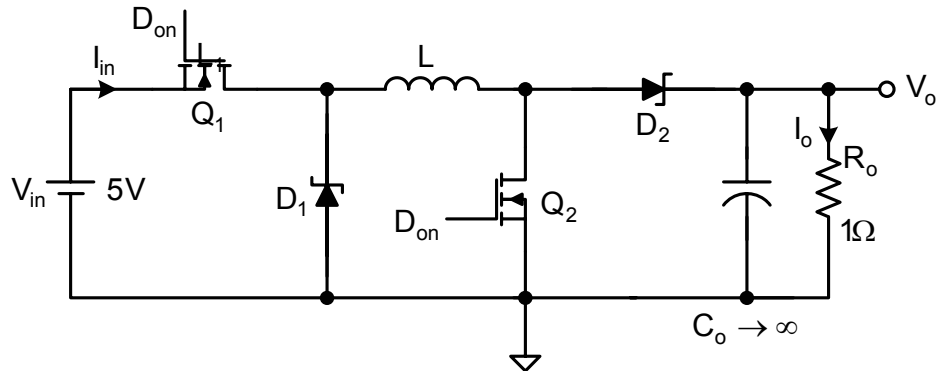
1.3. כדי להבטיח עבודה תקינה של הממיר יש לבצע Reset לשנאי בשל השראות המיגנוט L_1 .

לפיכך, יש לדאוג שזרם המיגנוט בראשוני יושב לאפס לפני המיתוג הבא.

$$I_{L_1(pk)} = \frac{V_{in}}{L_1} \cdot \frac{D}{f_s} = 75mA$$

$$\frac{L_1 I_{L_1(pk)}^2}{2} f_s = \frac{V_C^2}{R} \Rightarrow V_C \approx 335V$$

פיתרון שאלה מס' 3



1.2. נשתמש בעובדה שוולט-שנייה על פני הסליל בזמן ה-off שווה לוולט-שנייה במצב on, off.

$$\bar{V}_L = DV_{in} - (2V_D + V_o)(1-D) = 0$$

ומקבלים,

$$\frac{V_o}{V_{in}}(D) = \frac{D}{1-D} - \frac{2V_D}{V_{in}}$$

1.3. מתוך המשוואה האחרונה נחשב את D,

$$D = \frac{2V_D + V_o}{V_{in} + 2V_D + V_o} \Rightarrow D = 0.6875$$

בנוסף,

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} D}{L f_s} = 1 \Rightarrow L = 34.375 \mu H$$

1.4. הזרם הממוצע דרך הדיודות הינו זרם המוצא. נזניח את ההפסדים בגין הריפל של זרם

הסליל,

$$P_{D_1} = V_D \cdot \bar{I}_{D_1} = V_D \frac{V_o}{R_o} = 5[W]$$

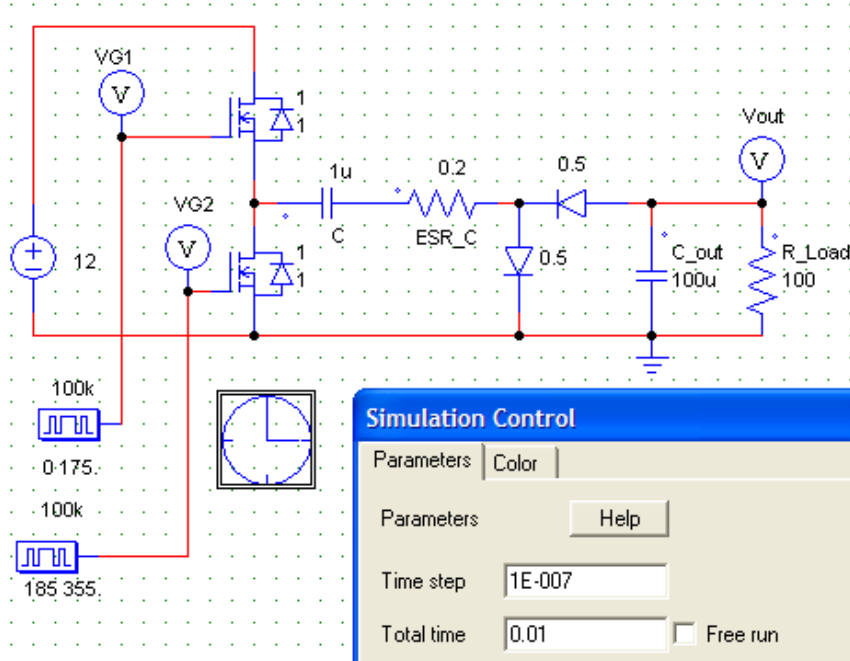
$$P_{D_2} = V_D \cdot \bar{I}_{D_2} = V_D \frac{V_o}{R_o} = 5[\text{W}]$$

סה"כ הפסדים בגין הדיודות:

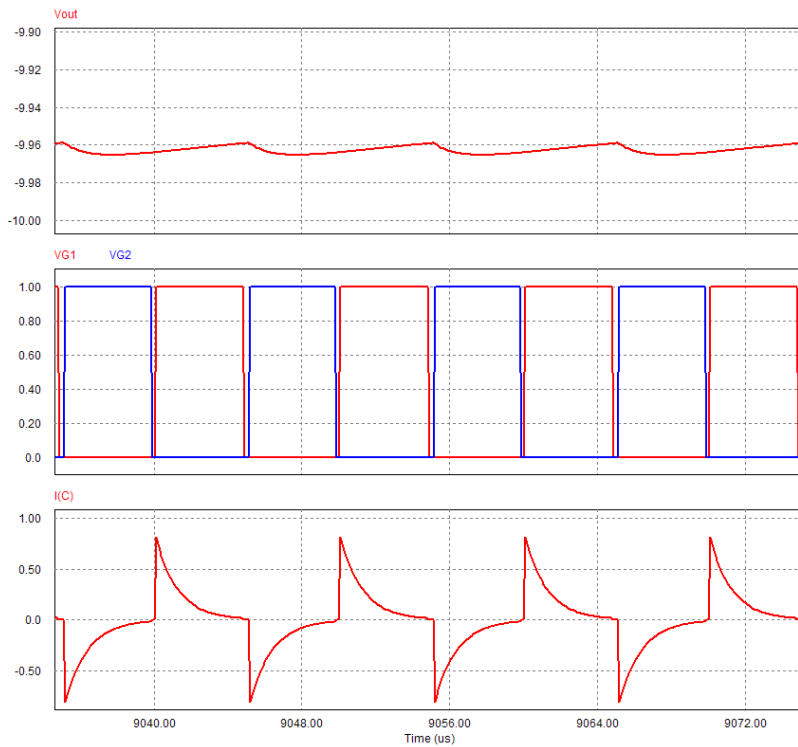
$$P_{D(\text{Total})} = 10[\text{W}]$$

פתרון שאלה מס 4

(1) המעגל ב-PSIM:



(2) יש לתת לפחות 5 מילי שניות עד להתצבות המעגל.
 (3) המעגל הינו ממיר מהפך מתח (הופך את קוטביות המתח מ-12 וולט יחסית לאדמה ל-12) וולט יחסית לאדמה)



הגרף התחתון - צורת הזרם דרך הקבל המתמג, הגרף העליון - אדוות מתח המוצא, הגרף האמצעי - אותות הבקרה לשערים של המתגים.

זרם שיא בערך 0.85 אמפר ואדוות מתח המוצא בערך 5 מילי וולט במצב יציב.