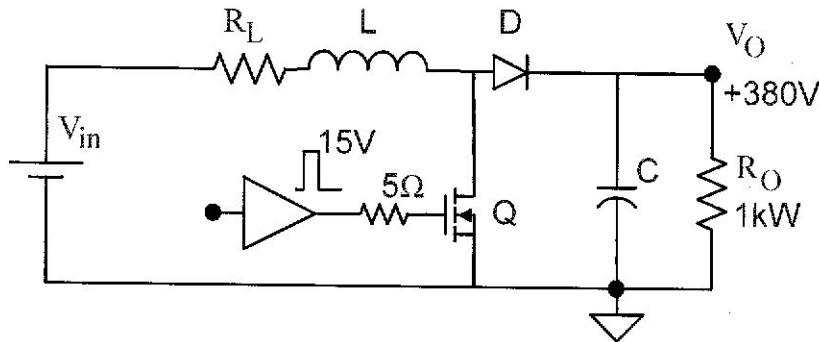


שאלה 1

נתון ממיר Boost:



$$B_{max} = 0.017 T$$

$$f_s = 100 \text{ kHz}$$

1. (50%) חשב A_p של L ($k = 0.7$; $J = 4.5 \text{ A/mm}^2$); בסעיף זה R_L מוזנה, $V_{in} = 100 \text{ V}$, אדוות זרם

$$\frac{\Delta I}{I_{av}} = 10\% \quad \text{הסליל:}$$

2. (50%) בהנחה שנתון גוף מגנטי שה- A_p שלו הוא כנדרש ו- $A_w = 800 \text{ mm}^2$ חשב את עובי הקוט ומספר

הליפופים הדרוש. אם לא פתרת/ה סעיף 1 ניתן להניח $A_p = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$.

$$P_o = 1 \text{ kW}$$

$$V_o = 380 \text{ V}$$

$$I_o = \frac{P_o}{V_o}$$

$$I_o = \frac{1000}{380} = 2.63 \text{ A}$$

$$B_{max} = 0.087 \text{ T}$$

CCM - 2 part 1/2 on

$$10\% = \frac{\Delta I}{I_{av}} \quad -1 \text{ A}$$

$$V_{in} = 100 \text{ V}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{D_{off}}$$

$$\frac{380}{100} = \frac{1}{1 - D_{on}}$$

$$D_{off} = 1 - D_{on} = \frac{100}{380}$$

$$D_{on} = 1 - \frac{100}{380} = 0.736842$$

$$D_{off} = 0.263$$

$$I_{L(avg)} = \frac{I_o(avg)}{D_{off}} = \frac{2.63}{0.263} = 10 \text{ A}$$

$$\Delta I = 10 \cdot (10\%) = 1 \text{ A}$$

$$A_p = \frac{L \cdot I_{pk} \cdot I_{rms}}{j \cdot k \cdot B_{max}}$$

$$\frac{V}{L} = \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{1}{f_s} D_{on} = 7.37 \mu\text{s}$$

$$\frac{100 \text{ V}}{L} = \frac{1 \text{ A}}{7.37 \mu\text{s}}$$

$$L = 737 \mu\text{H}$$

$$I_{pk} = I_{L(avg)} + \frac{\Delta I}{2}$$

$$I_{pk(L)} = 10.5 \text{ A}$$

$$I_{L(rms)} = \sqrt{I_{avg}^2 + \left(\frac{\Delta I/2}{\sqrt{3}}\right)^2} = \sqrt{100 + \frac{1}{12}} \approx 10 \text{ A}$$

$$A_p = \frac{737 \mu\text{H} \cdot 10.5 \cdot 10}{4.5 \times 10^6 \cdot 0.7 \cdot 0.087}$$

$$k = 0.7$$

$$j = 4.5 \text{ A/mm}^2$$

$$A_p = 28 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$j = 4.5 \times 10^6 \text{ A/m}^2$$

$$A_e = \frac{A_p}{A_w} = \frac{2.8 \times 10^{-7}}{0.8 \times 10^{-3}} = 350 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

(2) p d h (1) r e r d

$$n = \frac{L \cdot I_{pk}}{A_e \cdot B_{max}} \quad n = \frac{1364 \times 10.5}{0.087 \cdot 350 \mu} = 253.79$$

$$n = 254$$

$$j_{(mm)} = \frac{I}{\sqrt{S}} \quad j_{(mm)} = 0.22768$$

$$C_{in} S = \pi r^2 = 0.16188 \text{ mm}^2$$

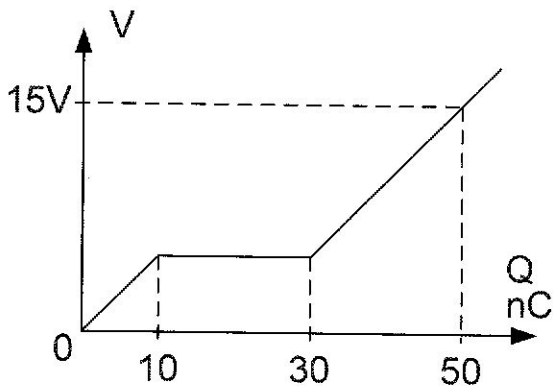
$$I_{rms} = 10 \text{ A} \quad j = 4.5 \text{ A/mm}^2$$

$$S_{(mm)} = \frac{I_{rms}}{j} = 2.222 \text{ mm}^2 \text{ (effective)}$$

$$\frac{S_{mm} \text{ (effective)}}{C_{in} S} = 13.72 \Rightarrow 14 \text{ pins}$$

פ. C_{in} 14 נ נדרש כי יש להשתמש ב-14 פין
 הסיבה היא כי ה-0.23mm הוא קוטר הפין
 והוא צריך להיות קטן יותר מ-0.23mm

נתון ממיר ה-Boost כמשורטט בשאלה 1, וכן הגרף הבא למטען ה-Gate:



כריק \rightarrow Gate

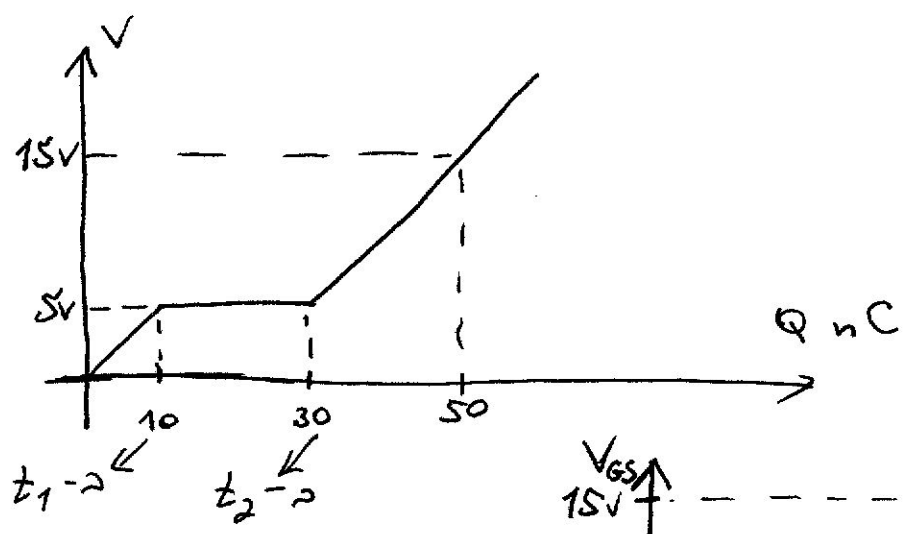
1. (40%) שרטט בקרוב את מתח ה-Gate ואת זרם הטרנזיסטור כפונקציה של הזמן במעבר ל-ON.

2. (60%) חשב נצילות הממיר אם $V_{in} = 50V$, $R_{ds_on} = 0.1\Omega$, $R_L = 80m\Omega$, $V_D = 1.2V$

אדוות זרם הסליל: $\frac{\Delta I}{I_{av}} = 10\%$

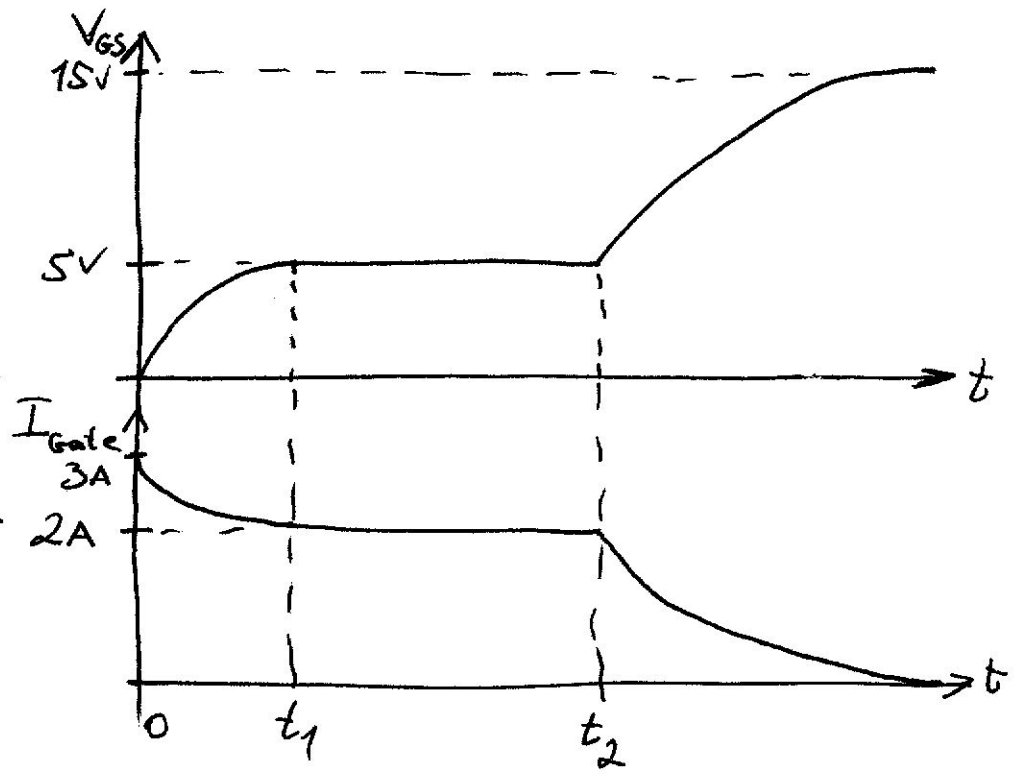
② 208ke

1 pSb



$$I_{Gate}(0) = \frac{V_D - V_{GS}(0)}{R_G} = \frac{15 - 0}{5}$$

$$I_{Gate}(t_1) = \frac{V_D - V_{GS}(t_1)}{R_G} = \frac{15 - 5}{5}$$



: t_1 ns 78 Gate - 7 100 p us k 3 nA

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V} \quad C = 2 \text{ nF}$$

$$V_{GS}(t) = V_{\infty} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad \tau = RC = 10 \text{ ns}$$

$$5V = 15 \cdot (1 - e^{-\frac{t_1}{10 \text{ ns}}})$$

$$\boxed{t_1 = 4.05 \text{ ns}}$$

ps 100 p C 8 nA k 10 ns 78 6 nA p 25 t2 - 8 t1 100 p us 80 p nA

$$\Delta Q = I \cdot \Delta t$$

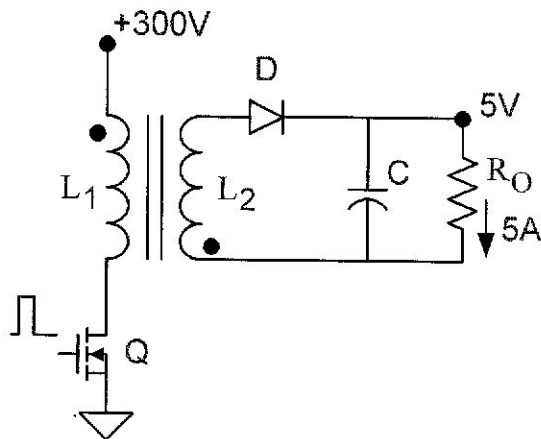
$$30 \text{ n} - 10 \text{ n} = 2 \text{ A} \cdot (t_2 - t_1)$$

$$t_2 - t_1 = 10 \text{ ns}$$

$$\boxed{t_2 = 14.05 \text{ ns}}$$

שאלה 3

נתון ממיר Flyback



(Duty Cycle) $D = 0.4$, $f_s = 100\text{kHz}$

1. (30%) חשב L_1 , L_2 כך שהממיר יעבוד בגבול CCM-DCM.

2. (30%) חשב מתח הפוך מכסימלי על הדיודה והספק פיזור שלה אם $V_D = 1.2\text{V}$.

3. הסבר מה יקרה אם:

3.1 (20%) העומס R_O ניתק (התנגדות אינסופית).

3.2 (20%) קבל המוצא ניתק (C_O אפס), אבל R_O נומינלי.

$$I_{out} = 5A \quad D_{on} = 0.4 \quad D_{off} = 0.6 \quad \underline{3 \text{ nske}}$$

$$I_{PK L2} = 2 \frac{I_{out}}{D_{off}} \quad I_{PK L2} = 16.666A \quad \underline{1 \mu h}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V}{L} \quad \frac{I_{PK L2}}{D_{off} \cdot \frac{1}{55}} = \frac{V_{out}}{L2} \quad \underline{L2 = 1.8 \mu H}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{n2}{n1} \cdot \frac{D_{on}}{D_{off}} \quad \frac{5}{300} = \frac{1}{n1} \cdot \frac{0.4}{0.6}$$

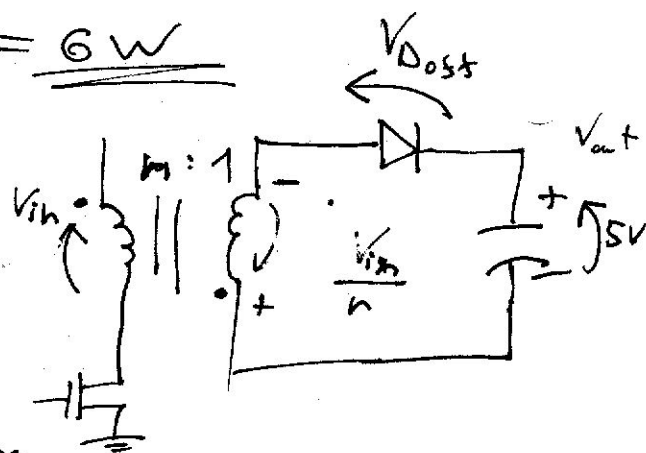
$$\left(\frac{n2}{n1}\right)^2 = \frac{L2}{L1} \quad n1 = 40 \quad \underline{L1 = 2.88 mH}$$

$$V_{D_{on}} = 1.2V \quad I_{D(avg)} = I_{out} = 5A \quad \underline{2 \mu h}$$

$$P_D = V_{D_{on}} \cdot I_{D(avg)} = 5 \cdot 1.2 = \underline{6W}$$

$$V_{D_{off}} = \frac{V_{in}}{n} + V_{out} \quad V_{D_{off}} = 7.5 + 5$$

$$V_{D_{off}} = 12.5V$$



نظير في كل من $L2$ و opn } in had *

$$\underline{V_{D_{off}(max)} = 12.5V}$$

$$\underline{P_D = 6W}$$

نظير في كل من in had *

e אלה (3)

חלק 3.1

עם ניהול הנכס R_0 , המהיר יחסית למצב
עבודה DCM. במצב הזה כאשר ההתאם סגור
נכנסת אנרגיה אל גוף הסליל הצמוד, כאשר
ההתאם פתוח האנרגיה הנו עוברת אל המוצא,
ונאשרת בקבל.

אנרגיה המאגורה של קבל מוצא $\frac{C \cdot V_0^2}{2}$

אנרגיה הנאגרת אל גוף הסליל עם המגנט $\frac{LI^2}{2}$

אנרגיה בקבל במקב המגנט $\frac{CV_1^2}{2}$

$$\frac{CV_0^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CV_1^2}{2}$$

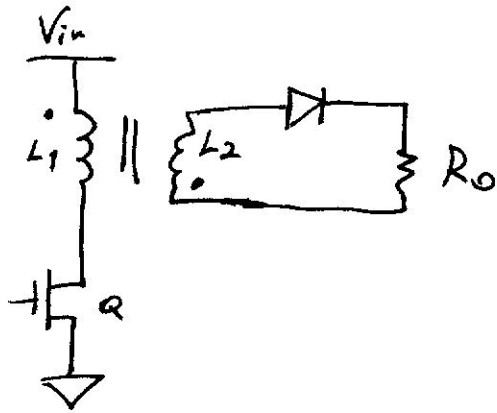
$$V_1^2 = V_0^2 + \left(\frac{LI^2}{C}\right)$$

$$V_1 > V_0 \Leftrightarrow V_1 = \sqrt{V_0^2 + \left(\frac{LI^2}{C}\right)}$$

מבחינת האנרגיה ניתן לראות בבירור כי ההתאם
הסוגי **קבל** ככל המגנט יורד הוא עובר ההתאם
עליו, עכשיו במצב הזה מה קבל יורד עדיין ההתאם
קבועים (עם קבל, או הסליל או ההתאם).

חלק 3.2

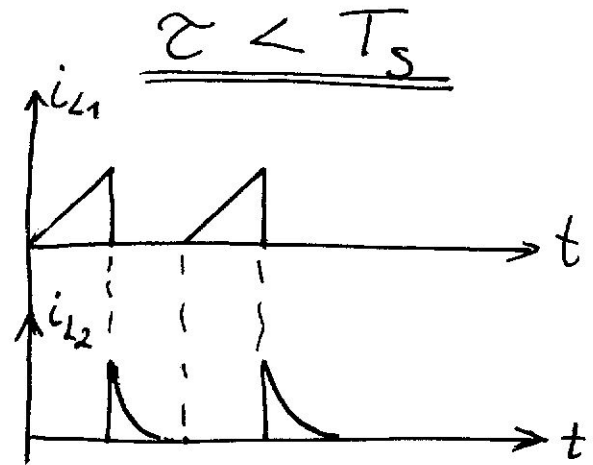
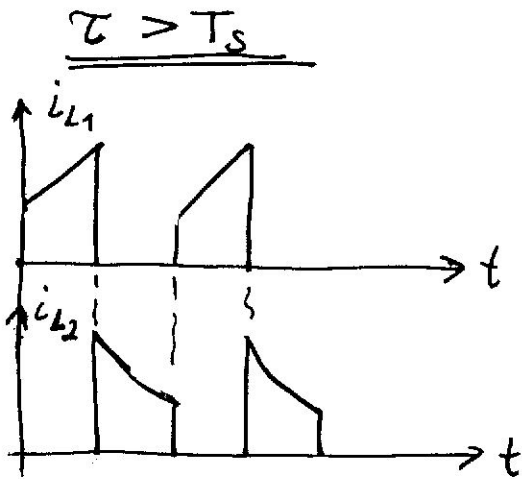
עם ניתוח קבל במולי L במעגל החזים כנראה כך:



מעגל הסעיטה עם הסגרה, משרת כאן במעגל המולי L אין משהקבוע שהקבל הכוא ורובן כרוכה של הסליל המשרת מובטח שיכונן אל מול הנתק, מעגל RL .

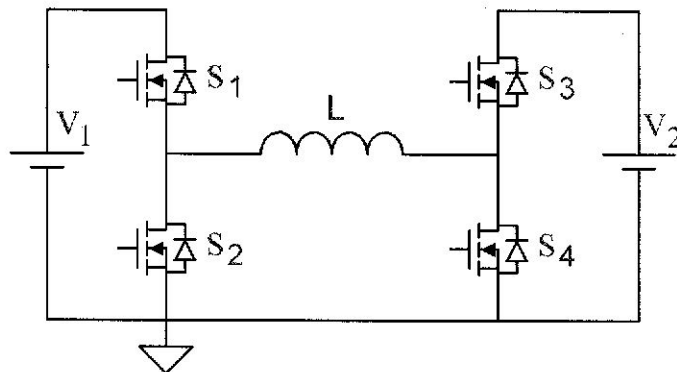
כדי לשלר הסגורה: CCM או DCM + קבוע ע"י קבוע הנתק של מעגל RL - $\tau = \frac{L_2}{R_0}$.

דקומה כאשר:



כיוון שהמעגל במולי L יהיה כרוח ככרוך i_{L2} במולי R_0 .

$$f_s = 100\text{kHz}$$



נתון ממיר רב תכליתי המתפקד כמטען מצבר, V_2 הוא מצבר ו- V_1 הוא מקור. מטעינים את המצבר בזרם של 1A. המתגים S_1 - S_4 ניתנים להפעלה כרצוננו (מוליכים, לא מוליכים, PWM).

בניה $9V < V_2 < 18V$, $V_1 = 12V$ ופעולה ב-CCM.

1. (50%) תן הצעה להפעלת הממיר לפעולה תקינה (איך להפעיל S_1 - S_4), חשב L לפעולה ב CCM וחשב מה תחום D הנדרש.

2. (50%) תן הצעה עקרונית כיצד להשתמש ב-Peak Current Mode לטעינת המצבר בזרם של 1A.

: CCM - 2 Buck-Boost

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{D_{on}}{D_{off}} = \frac{D_{on}}{1 - D_{on}} \quad D_{on} = \frac{V_o}{V_o + V_{in}}$$

$$\frac{9}{9+12} < D_{on} < \frac{18}{18+12}$$

$$\underline{\underline{0.43 < D_{on} < 0.6}}$$

היות (1) נמוך הבהב גבוהה של מודד CCM, לכן צריך להבטיח שהמבצע יהיה CCM "מלא" כלומר $D_{on} > 0.5$ כדי שיהיה $D_{on} > 0.5$ וזה יבטיח את המבצע CCM.

$$I_{out} = 1A \quad I_{L(avg)} = \frac{I_{out}}{D_{off}} = 2A$$

$$\Delta I = 2I_{L(avg)} = 4A$$

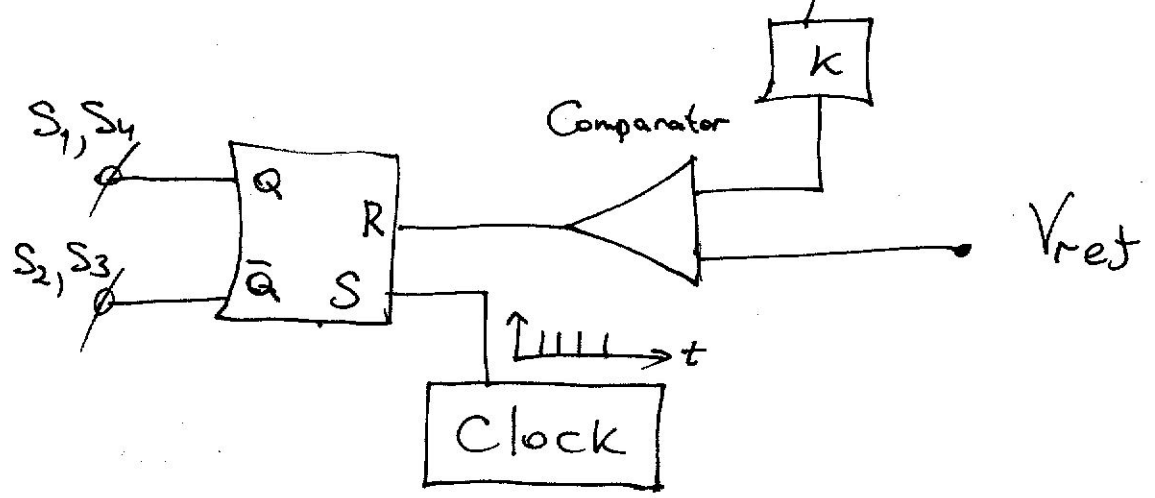
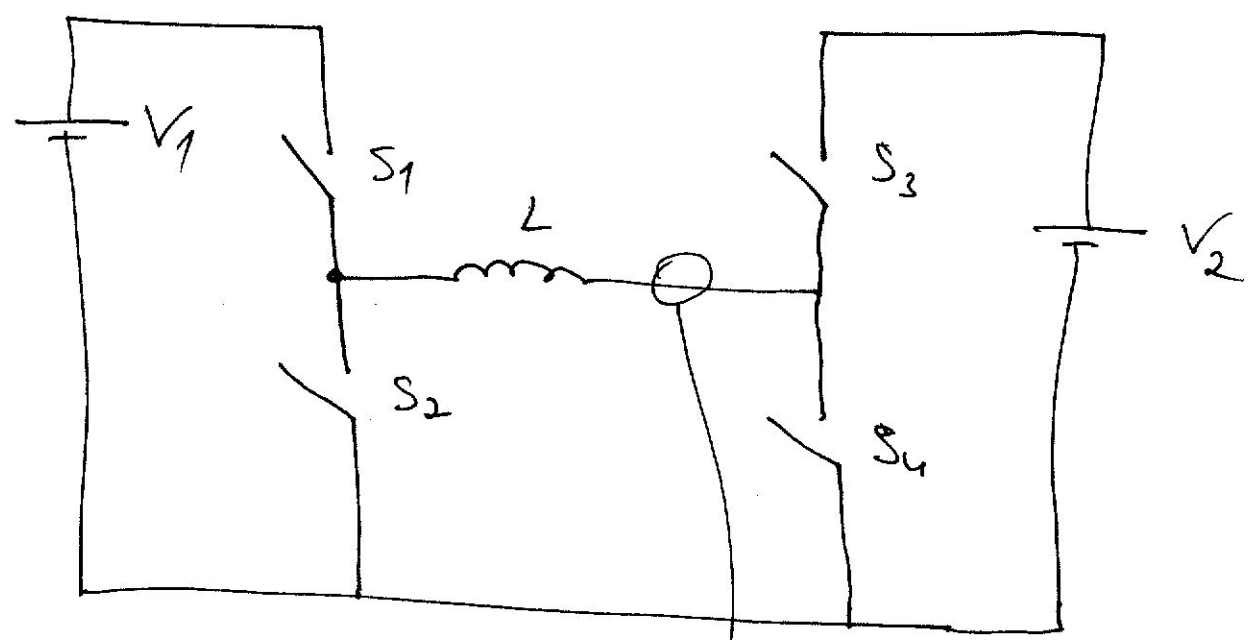
$$\frac{V}{L} = \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \frac{V_{in}}{L} = \frac{4A}{D_{on} \cdot \frac{1}{f_s}}$$

$$L = \frac{12V \cdot 5\mu}{4A} = 15\mu H$$

כאשר $L = 150\mu H$ זהו המבצע CCM מלא

(4) סדרה
 2 קטג

: ונתון :
 ונתון :
 ונתון :

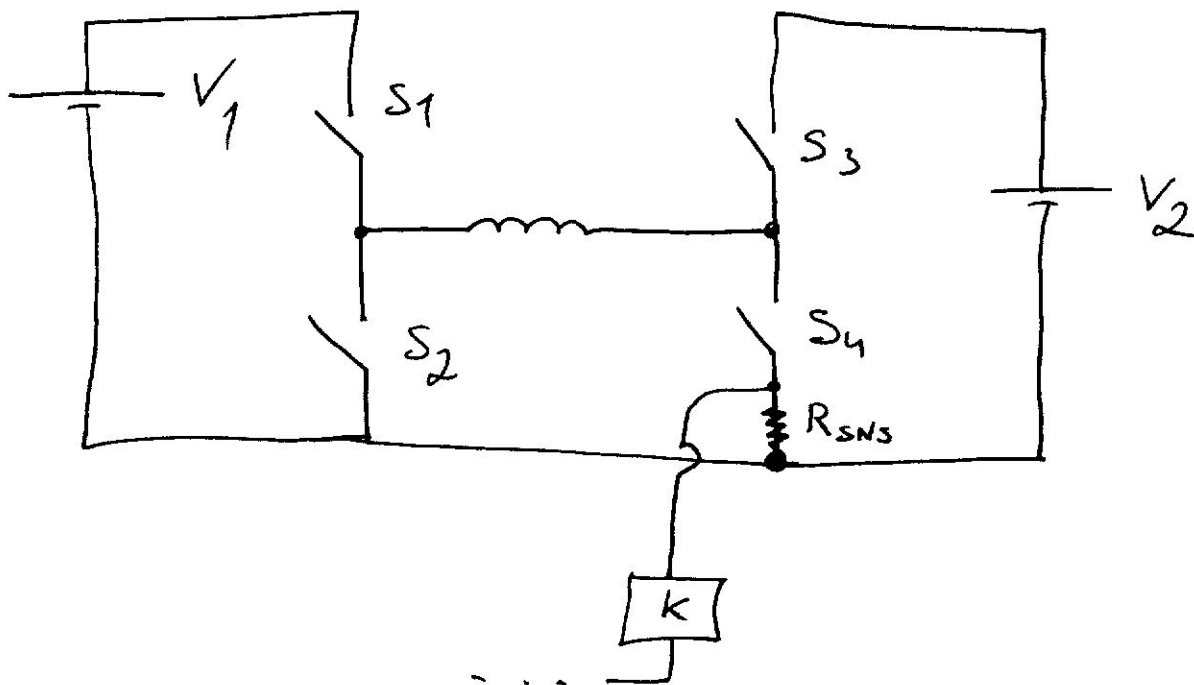


Dead Time - זמן בו שני מוליכים לא יפתחו בו זמנית כדי למנוע "Shoot through" (העברת זרם ישירות מהמקור לטעון) שכן זה עלול לגרום לשריפת המוליכים. זמן זה נדרש כדי להבטיח שהמוליכים S1, S2 יסגרו לפני ש-S3, S4 יפתחו.

④ 8ke

2 קטן קטן

עליו (רצף) :
למדידת הפרש הפוטנציאלים, כאשר הפרש הפוטנציאלים הוא



הפרש הפוטנציאלים בין שני הנקודות הנבחרות. R_{SNS}

