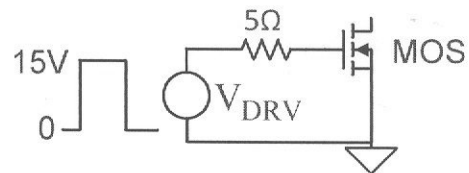
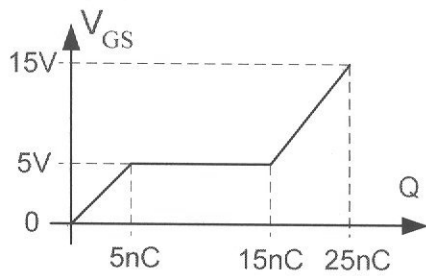
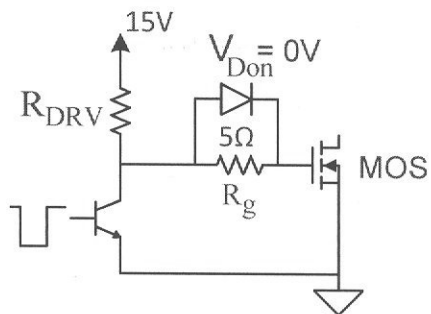


שאלה 1

נתון גרף מטען כניסה ל-Gate של MOSFET:



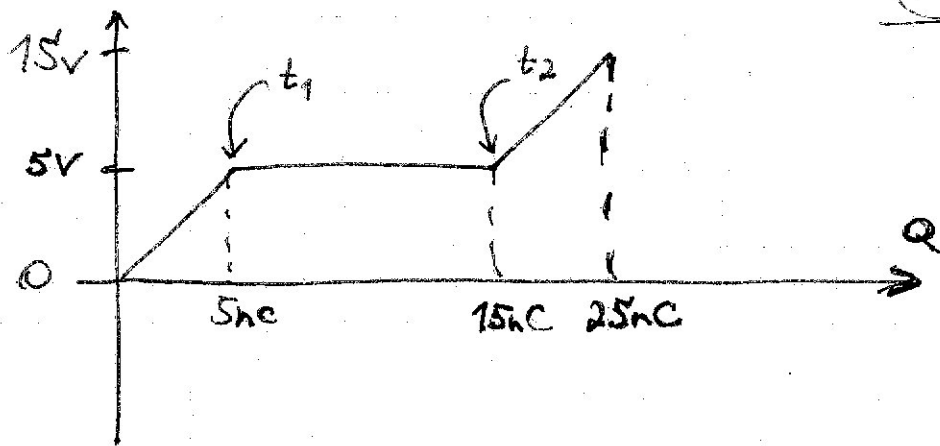
1. (40%) שרטט את $V_{gs}(t)$.
2. (20%) חשב את הקיבול השקול של ה-Gate - C_{eq} .
3. (40%) נתון Driver מהצורה:



חשב את ערך הנגד R_{DRV} הדרוש להולכת ה-MOSFET תוך זמן של 300ns.

① \rightarrow δ / ke

1.1



$$V_{GS}(t) = V_{\infty} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$\tau = RC$$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta V}$$

$$\tau_1 = RC_1 = 5\Omega \cdot \frac{5nC}{5V} = 5ns$$

$$Q = 0 - 5nC$$

פונקציה של הזמן

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

$$5V \rightarrow \ln\left(1 - \frac{5}{15}\right) = \ln\left(e^{-\frac{t_1}{5ns}}\right)$$

$$\underline{t_1 \approx 2.027 ns}$$

$$Q = 5nC - 15nC$$

$$\Delta Q = 10nC$$

הפרש המטעם הוא 10 נאנוקולומב

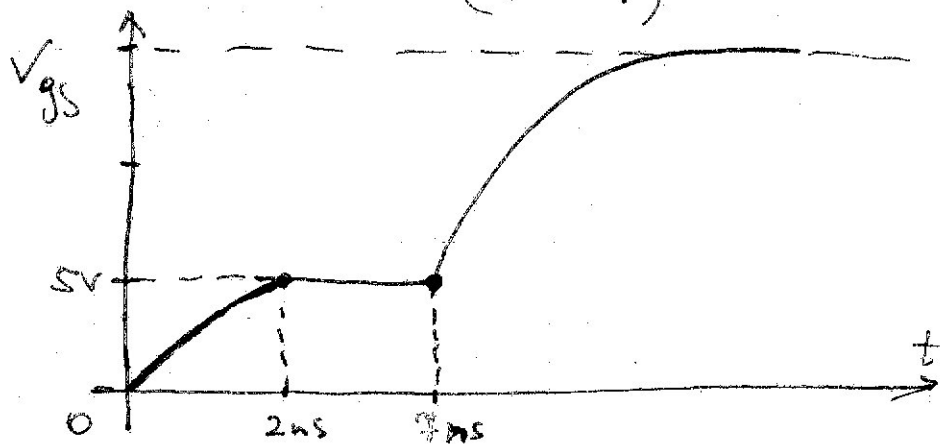
$$I_{gate}(t_1) = \frac{15V - 5V}{5\Omega} = 2A$$

$$\Delta Q = I_{gate} \cdot \Delta t$$

פוס

$$10nC = 2A \cdot (t_2 - t_1)$$

$$5ns = t_2 - 2ns \quad \underline{t_2 = 7ns}$$

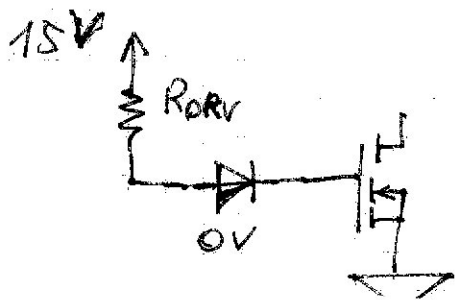


$$C_{eq} = \frac{\Delta Q_{Total}}{\Delta V} = \frac{25nC}{15V}$$

$$\underline{C_{eq} = 1\frac{2}{3} nF}$$

1.2

זענד 1) א ס'קע



אן ארעט דער

1.3

$$\Delta t = 300 \text{ ns}$$

$$C_{eq} = 1\frac{2}{3} \text{ nF}$$

$$Q_{\text{Total}} = 25 \text{ nC}$$

1.3 אן ארעט דער גאטע-ד

אן ארעט דער גאטע-ד אן ארעט דער גאטע-ד

$$Q_{\text{Total}} = I_{\text{gate}} \cdot \Delta t$$

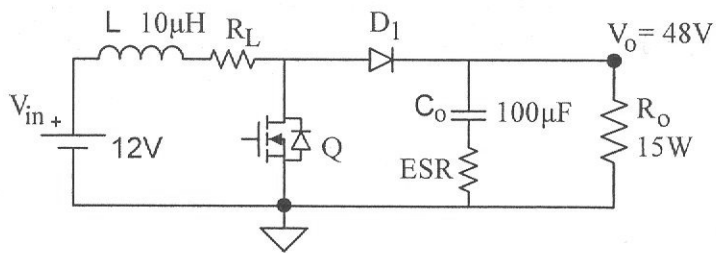
$$\frac{Q_{\text{Total}}}{\Delta t} = \frac{25 \text{ nC}}{300 \text{ ns}} = \frac{1}{12} \text{ A}$$

$$\frac{\Delta V}{I_{\text{gate}}} = R_{\text{DRV}}$$

$$\frac{15}{1/12} = 180 \Omega$$

$$\underline{\underline{R_{\text{DRV}} = 180 \Omega}}$$

נתון ממיר Boost העובד במשטר עבודה DCM:



תדר העבודה 200kHz.

1. (20%) בהזנחת הפסדים חשב את ה-Duty Cycle (D), ושרטט את זרם הסליל (כולל ערכים).
2. (40%) חשב את ההפסדים במתג, בדיודה, בסליל ובקבל בהנתן:
 $R_{DSon} = 0.5\Omega$, $V_{Don} = 1V$, $ESR = 0.1\Omega$, $R_L = 0.1\Omega$
3. (40%) מחליפים את הדיודה במתג MOSFET בעל $R_{DSon} = 0.5\Omega$. שרטט את צורת הזרם בסליל, וחשב את ההפסדים בשני המתגים, בסליל ובקבל.

② a) b) c)

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{2D^2 R_o}{L \cdot f_s}}}{2}$$

Boost DCM

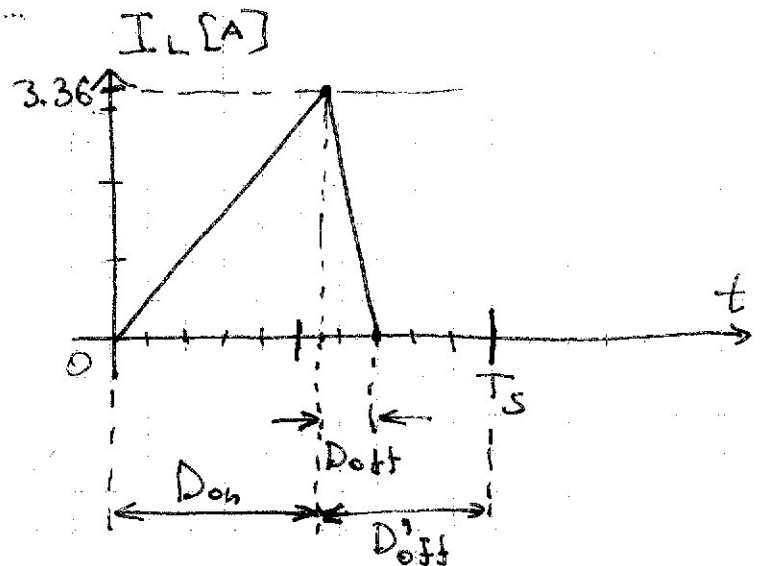
$$R_o = \frac{V_o^2}{P_o} = \frac{2.1^2}{153.6} = 153.6 \Omega$$

$$\frac{48}{12} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot D^2 \cdot 153.6}{10 \mu\text{s} \cdot 5 \mu\text{s}}}}{2}$$

$$D_{on} \approx 0.56$$

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} \cdot D_{on} \cdot T_s}{L} = 3.36 \text{ A}$$

$$D_{off} = \frac{\Delta I_L \cdot L}{(V_o - V_{in}) T_s} = 0.1866$$



$$I_{L_{RMS}} = \sqrt{(D_{on} + D_{off}) \cdot [DC(I_L)^2 + AC(I_L)^2]} \quad \text{2.2}$$

$$I_{L_{RMS}} = \sqrt{0.746 \left[\left(\frac{3.36}{2} \right)^2 + \left(\frac{3.36}{2\sqrt{3}} \right)^2 \right]} \approx \sqrt{2.8} = 1.675 \text{ A}$$

$$P_L = 0.1 \Omega \cdot (1.675 \text{ A})^2 \approx 0.28 \text{ W}$$

ICLWA P'3000

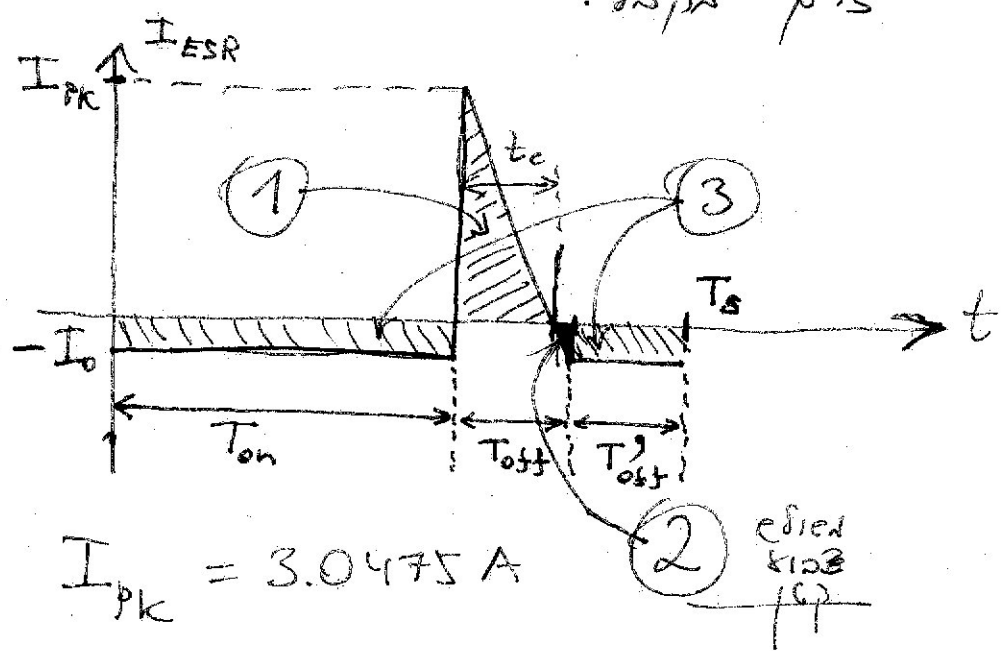
$$I_{Q_{RMS}} = \sqrt{0.56 \cdot \left[\left(\frac{3.36}{2} \right)^2 + \left(\frac{3.36}{2\sqrt{3}} \right)^2 \right]} \approx \sqrt{2.1} = 1.45 \text{ A}$$

$$P_Q = 0.5 \Omega \cdot (1.45)^2 \approx 1.052 \text{ W}$$

(2) > dle

2.2 gerin

: lapa pns



$$I_{PK} = \Delta I_L - I_0$$

$$I_0 = \frac{P_0}{V_0} = 0.3125 A$$

$$t_c = T_{off} \cdot \frac{I_{PK}}{\Delta I_L}$$

$$t_c = 0.8465 \mu s$$

$$D_c = 0.169$$

$$I_{PK} = 3.0475 A$$

: p' p'nd zle hnd

$$I_{ESR(RMS)} = \sqrt{\frac{I_{PK}^2}{3} \cdot D_c + \frac{(-I_0)^2}{3} \cdot (D_{off} - D_c) + (-I_0)^2 \cdot (D_{on} + D_{off}^2)}$$

$$I_{ESR(RMS)} = \sqrt{0.523 + 0.000575 + 0.0729} \approx 0.772 A$$

$$P_{ESR} \approx 0.0597 W$$

: d' p'nd

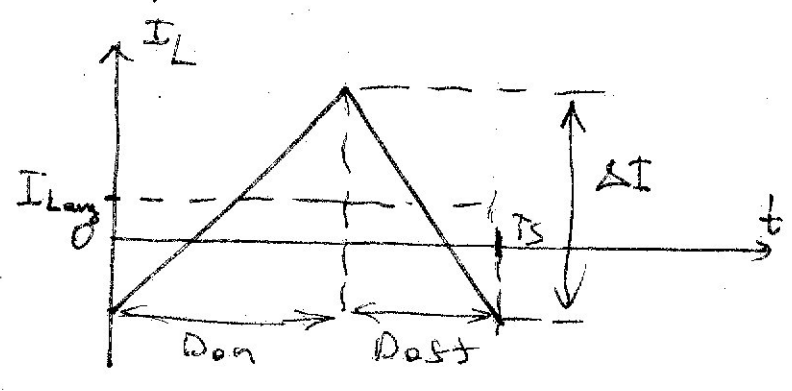
$$I_0 = I_{Davg} = D_{off} \cdot \frac{\Delta I_L}{2} = 0.3125 A$$

$$P_D = I_{Davg} \cdot V_0 \quad P_D = 0.3125 W$$

gerin pns curis, d'nd p'nd curis p'nd

2.3

: d'nd p'nd



D-d'nd p'nd gerin pns, CCM l'nd d'nd p'nd

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{1-D}$$

$$D_{on} = \frac{3}{4}$$

2.3 peris.

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} \cdot D_{on} \cdot T_s}{L} = 4.5 \text{ A}$$

$$I_{Lavg} = \frac{I_o}{D_{off}} = 1.25 \text{ A}$$

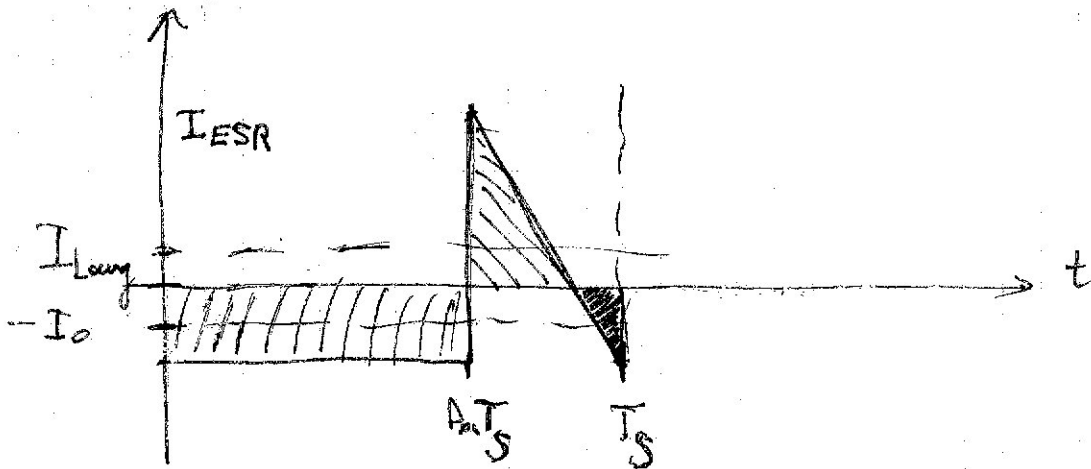
: Supri 2.2 from unknown 2.3 peris

$$I_{L_{RMS}} = \sqrt{I_{Lavg}^2 + \frac{\Delta I^2}{12}} \approx 1.8 \text{ A}$$

$$P_L = 0.324 \text{ W}$$

$$I_{Q1_{RMS}} = \sqrt{I_{L_{RMS}}^2 \cdot D_{on}} \approx 1.56 \text{ A}$$

$$P_{Q1} = 1.217 \text{ W}$$



: p 21 p 2 2808 in 1229 / q 2 e k e n n u n s 3 0 0

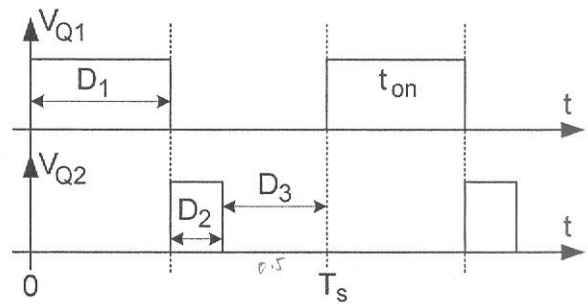
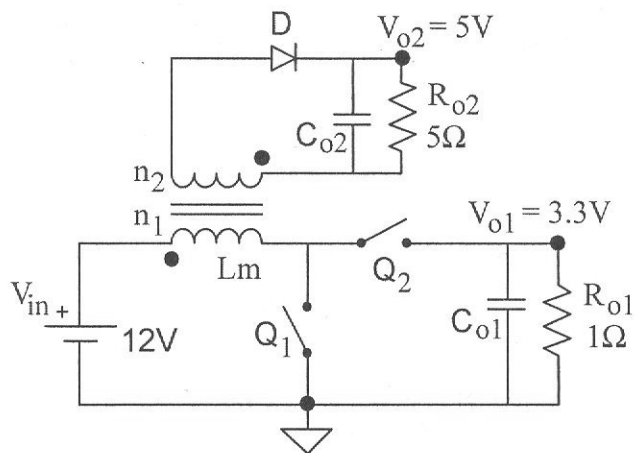
$$I_{ESR(RMS)} \approx \sqrt{D_{off} \cdot \frac{(\Delta I_L - I_o)^2}{3} + D_{on} \cdot I_o^2}$$

$$I_{ESR(RMS)} \approx \sqrt{1.461 + 0.0732} \approx 1.239 \text{ A}$$

$$P_{ESR} = 0.953 \text{ W}$$

$$I_{Q2_{RMS}} = \sqrt{D_{off}} \cdot I_{L_{RMS}} = 0.9 \text{ A}$$

$$P_{Q2} = 0.405 \text{ W}$$



תדר המיתוג $f_s = 100\text{kHz}$, $n_1:n_2 = 2:1$, $D_3 = 0.5$.

1. (30%) חשב את L_{\min} לעבודה בגבול DCM.
2. (40%) בהנחה שערך הסליל בראשוני הנו $100\ \mu\text{H}$, שרטט את צורת הזרם בסליל, במתגים Q_1 , Q_2 , ובדיודה D כולל ערכים.
3. (30%) חשב את A_p של הגוף המגנטי כפונקציה של J , k , B .

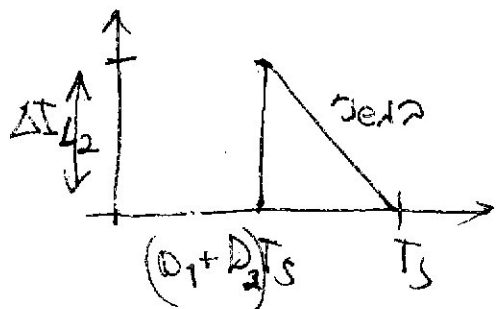
3 → die

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

$$D_3 = 0.5$$

3.1

DCM - CCM דאָס



$$I_0 = \frac{5V}{5\Omega} = 1A$$

$$I_{Lpk} = 2A$$

$$\frac{V_0 \cdot D_3 \cdot T_s}{\Delta I} = L_{min} \quad \frac{5V \cdot 0.5 \cdot 10\mu}{2A} = 12.5\mu H$$

לעבן $L_{min2} = 12.5\mu H$ און לעבן $L_{min1} = 50\mu H$

לעבן $D_1 + D_2$ און D_2 און D_3

3.2

$$D_1 + D_2 = 1 - D_3$$

לעבן D_1 און D_2 און D_3

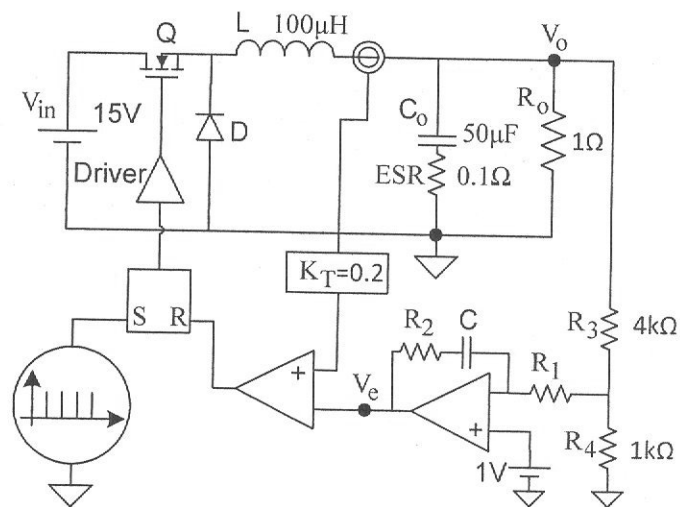
$$V_{in} \cdot (D_1 + D_2) - V_{o1} \cdot D_2 = V_{o2} \cdot \frac{n_1}{n_2} \cdot D_3$$

$$D_2 = 0.5 - D_1$$

$$12 \cdot D_1 + (12 - 3.3)(0.5 - D_1) = 5 \cdot 2 \cdot 0.5$$

$$3.3D_1 = 5 - 4.35 \quad D_1 \approx 0.2 \quad D_2 = 0.3$$

נתון ממיר Buck המבוקר במשוב זרם כמפורט:

1. (20%) חשב את ערך ה-DC של V_e .2. (30%) חשב ושרטט את $\frac{v_o}{v_e}(f)$ בהנחה ש- $I_{pk} = I_{Lavg}$.

3. (50%) חשב את רשת המשוב.

4) אדקע

4.1

בגודל זעלבס פון אדקע און פארשטעלן
: פארשטעלן פון אדקע - א

$$I_{Lavg} \cdot K_T = V_e$$

I_{Lavg} אדקע און

$$V_{ref} = 1V = V_o \cdot \frac{1k}{1k+4k}$$

$$V_o = 5V$$

$$I_o = \frac{5V}{1k} = 5A$$

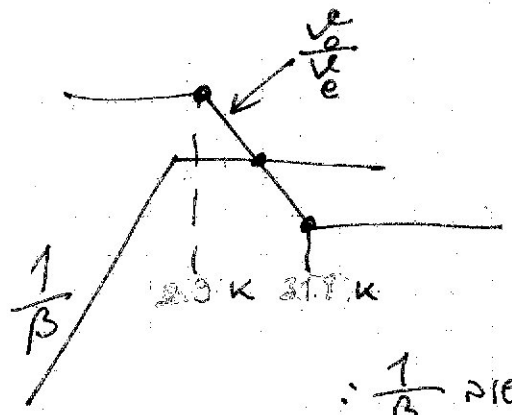
$I_o = I_{Lavg}$ Buck-?

$$V_e = \frac{1}{5} \cdot 5$$

$$\boxed{V_e = 1V}$$

אם β גדול מאוד, אז $\frac{1}{\beta} \approx 0$

4.B



$\frac{1}{\beta}$ מציין את β של הטרנזיסטור

$$\frac{1}{\beta} = \frac{R_1 R_3 + R_1 R_4 + R_3 R_4}{R_4} \cdot \frac{SC}{1 + SC R_2}$$

אם β גדול מאוד, אז $\frac{1}{\beta} \approx 0$

$$f_p = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot R_2}$$

2.9 ק' יחס ω של f_p ו- f_{max}

$$2\pi \cdot 1 \text{ kHz} = \frac{1}{C \cdot R_2} \quad C \cdot R_2 = 159 \mu\text{s}$$

$A_2 - A_1$ יחס f של A_2 ו- A_1

$$A \Rightarrow \frac{A_1 - A_2}{2} \approx 3 \text{ dB} \quad A \approx \sqrt{2}$$

$R_2 = 16 \text{ k}\Omega \quad C = 100 \text{ nF}$

$$\left| \frac{1}{\beta} \right| = \frac{R_1 R_3 + R_1 R_4 + R_3 R_4}{R_4 \cdot R_2} = \frac{R_1(4\text{k} + 1\text{k}) + 1\text{k} \cdot 4\text{k}}{4\text{k} \cdot 16\text{k}}$$

$$\sqrt{2} = \frac{5R_1}{6.4\text{k}} + \frac{4\text{k}}{6.4\text{k}} \quad R_1 \approx 1 \text{ k}\Omega$$

הערכות של R_1 ו- R_3 נבחרו כדי להבטיח DC bias נכון לטרנזיסטור, R_1 ו- R_3 נבחרו כדי להבטיח DC bias נכון לטרנזיסטור, R_1 ו- R_3 נבחרו כדי להבטיח DC bias נכון לטרנזיסטור

הערכות של R_1 ו- R_3 נבחרו כדי להבטיח DC bias נכון לטרנזיסטור, R_1 ו- R_3 נבחרו כדי להבטיח DC bias נכון לטרנזיסטור