به نام خدا

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

الکترونیک صنعتی

تمرین سری ۲

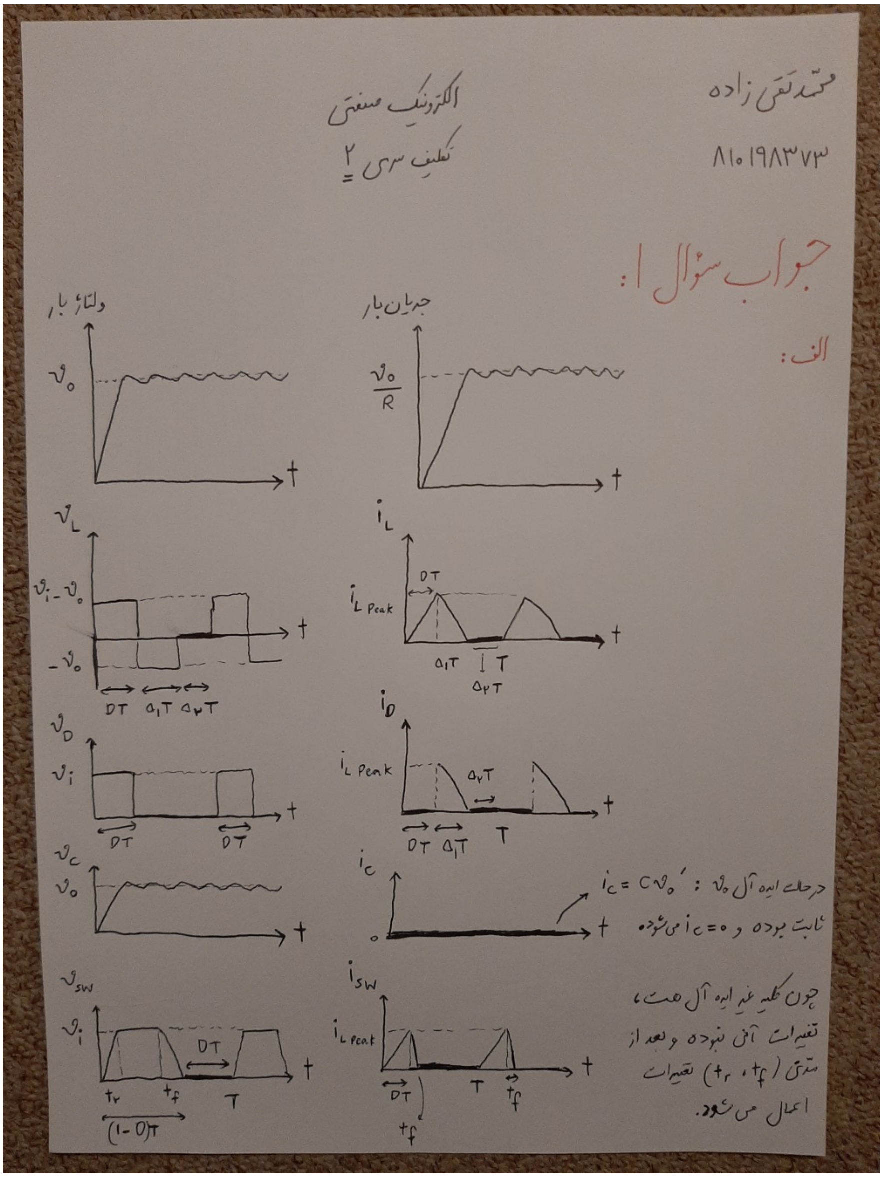
محمد تقی زاده گیوری

۸۱۰۱۹۸۳۷۳

بهار ۱۴۰۲

سوال ۱

الف:



محمد تقی زاده
۸۱۰۱۹۸۳۷۳
الکترونیک صنعتی
تکلیف سری ۲
جواب سؤال ۱:
الف:
ولتاژ بار
جریان بار
v_o
$\frac{v_o}{R}$
v_L
$v_i - v_o$
$-v_o$
i_L
$i_{L\,Peak}$
v_D
i_D
v_C
i_C
v_{sw}
i_{sw}
DT
$\Delta_1 T$
$\Delta_2 T$
T
t_r
t_f
$(1-D)T$
$i_C = C v_o'$: در حالت ایده آل v_o ثابت بوده و $i_C = 0$ می شود
چون کلید غیر ایده آل هست، تغییرات آنی نبوده و بعد از مدتی (t_r ، t_f) تغییرات اعمال می شود.

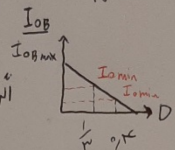
ب:

ب:

$$\frac{1}{D} = \frac{\overbrace{v_i}^{50<\ <60}}{\underbrace{v_o}_{20}} \Rightarrow \frac{1}{3} < D < 0.4$$

$$75 < \underbrace{P_o}_{\underbrace{v_o}_{20} I_o} < 125 \Rightarrow \frac{75}{20} < I_o < \frac{125}{20}$$

باتوجه به منحنی $\frac{I_{OB}}{I_{OB,max}}$ برحسب D



اگر L را در حالت $D=\frac{1}{3}$ و $I_o = \frac{75}{20}$ بدست بیاریم، در بدترین شرایط، اگر همواره I_o برابر کمینهٔ مقدار خود $\left(\frac{75}{20}\right)$ باشد هم، با تغییر D وارد ناحیهٔ ناپیوسته نمی‌شیم ولی اگر L را به ازای $D=0.4$ بدست بیاریم، در صورتی که همواره I_o برابر با $I_{o\,min}$ باشد $\left(\frac{75}{20}\right)$، با کم شدن D وارد ناحیهٔ ناپیوسته می‌شیم $\Rightarrow$ L را در حالت $D=\frac{1}{3}$ و $I_o = \frac{75}{20}$ بدست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l} D = \frac{1}{3} \\ I_{o_B} = 3.75 = \frac{75}{20} \end{array}\right\} I_{oB} = 3.75 = \frac{(1-D)T}{2L} v_o = \frac{\frac{2}{3}}{\underbrace{10^5}_{f_s} \times 2L} \times 20 \Rightarrow \boxed{L = 17.78\ \mu H}$$

ج:

ج:

$$\frac{\overbrace{V_o}^{۵v}}{\underbrace{V_i}_{۱۱< \ <۱۵}} = D \Rightarrow \frac{۵}{۱۵} < D < \frac{۵}{۱۱}$$

فرض می‌کنیم در شرایط مرزی هستیم : $\Delta i_L = i_{L,peak} = \frac{DT}{L}\big(\underbrace{\overbrace{V_i}^{\frac{V_o}{D}} - V_o}_{\frac{V_o}{D}(1-D)}\big) = \frac{(1-D)V_o}{f_s L} \leqslant \overbrace{\Delta i_{L\,max}}^{1A}$

اگر L را در حالتی که (D-1) بیش‌ترین مقدار خود را دارد، بدست بیاریم (طوری که ریپل جریان برابر با $\Delta i_{L\,max}$ شود) با تغییر D، مقدار ریپل کم‌تر شده و در نتیجه همواره ریپل جریان سلف، کمتر مساوی $\Delta i_{L\,max}$ خواهد بود.

$$\Rightarrow D = \frac{۵}{۱۵} \Rightarrow \frac{\overbrace{(1-D)}^{\frac{۱۰}{۱۵}}\overbrace{V_o}^{۵}}{\underbrace{f_s}_{۲۵۰۰۰} L} = \underbrace{1A}_{\Delta i_{L\,max}} \Rightarrow \boxed{L = ۱۳۳{,}۴\,\mu H}$$

تا (D-1) بیش‌ترین مقدار را داشته باشد.

$$\frac{\Delta V_c}{\underbrace{V_c}_{V_o}} = \frac{۵۰mv}{۵v} = ۰{,}۰۱ = \frac{\pi^2}{2}(1-D)\left(\frac{f_c}{f_s}\right)^2 , \quad f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

اگر C را در حالتی که (D-1)، بیش‌ترین مقدارش را دارد و میزان ریپل $\left(\frac{\Delta V_c}{V_c}\right)$ برابر با ۰٫۰۱ باشد، بدست بیاریم، با تغییر D، ریپل کاهش یافته و در نتیجه همواره ریپل کم‌تر از ۰٫۰۱ خواهد بود:

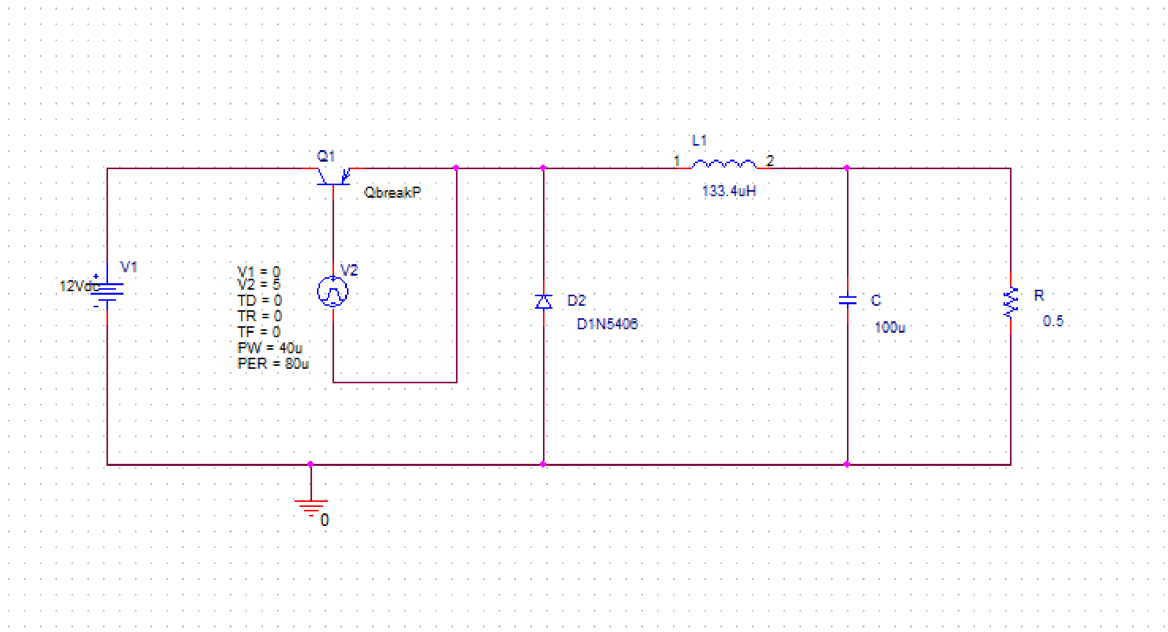
$$D = \frac{۵}{۱۵} \Rightarrow \frac{\pi^2}{2}\left(1-\frac{۵}{۱۵}\right)\frac{\frac{1}{۴\pi^2(۱۳۳{,}۴\times10^{-6})\times C}}{(۲۵۰۰۰)^2} = ۰{,}۰۱$$

تا (D-1) بیش‌ترین مقدار را داشته باشد

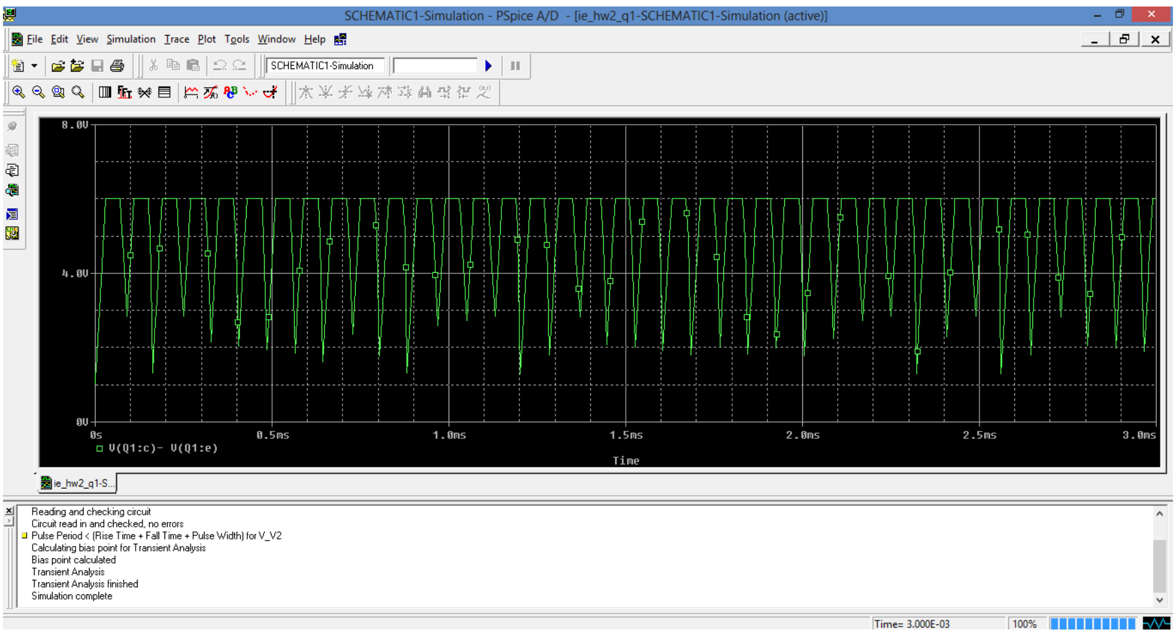
$$\Rightarrow \boxed{C = ۱۰۰\,\mu F}$$

د:

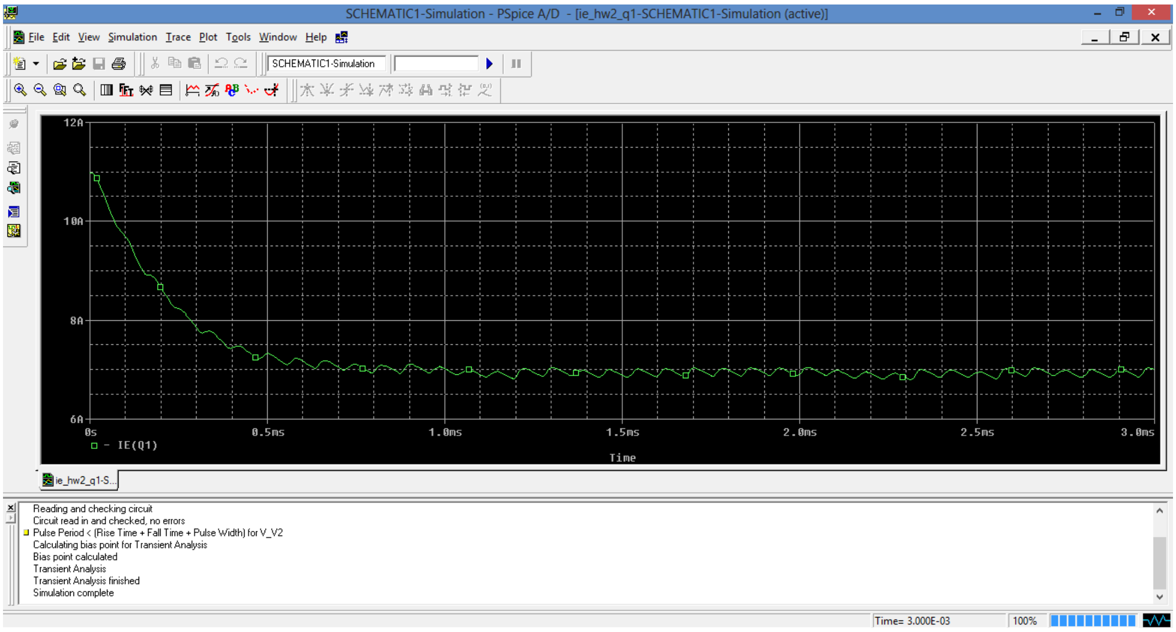
مدار رسم شده در PSpice:



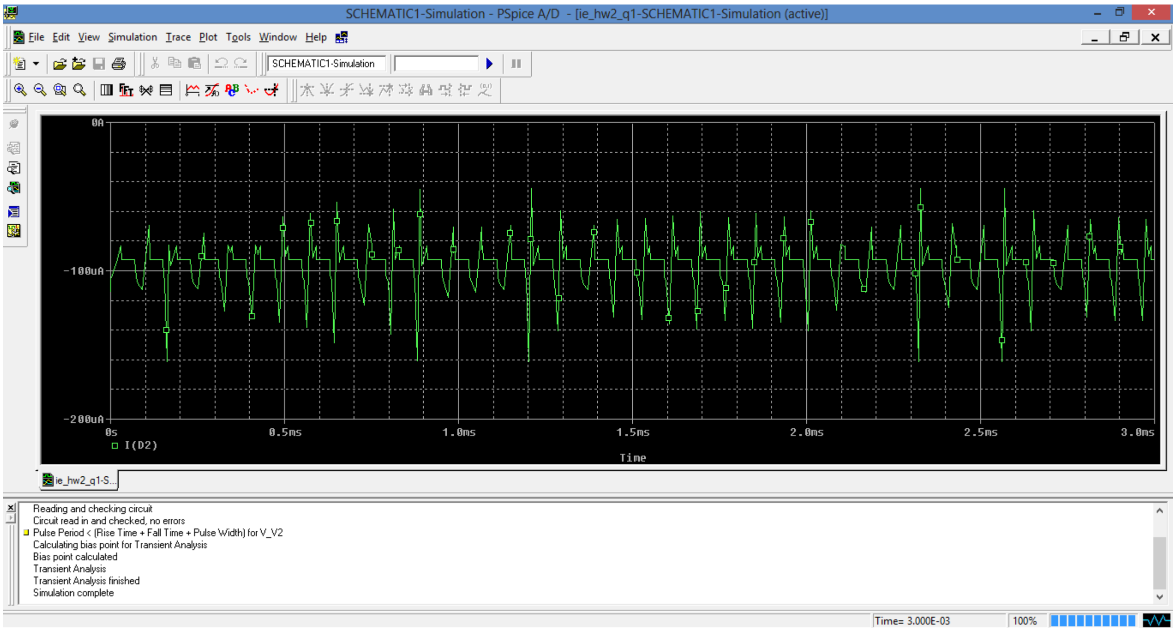
شکل موج ولتاژ کلید:



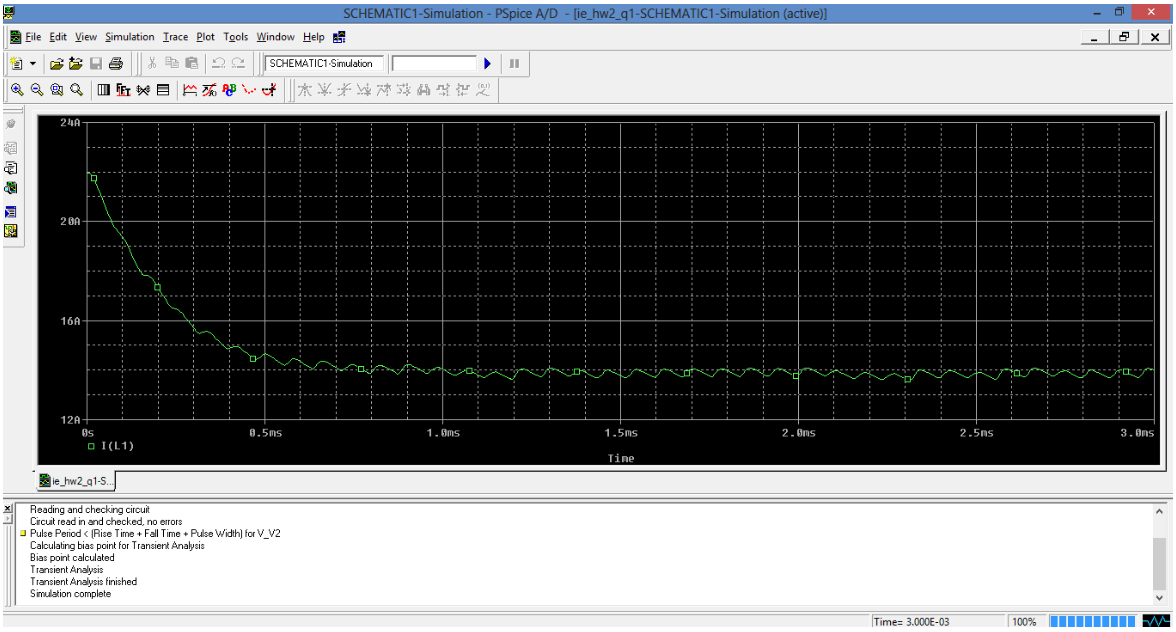
شکل موج جریان کلید:



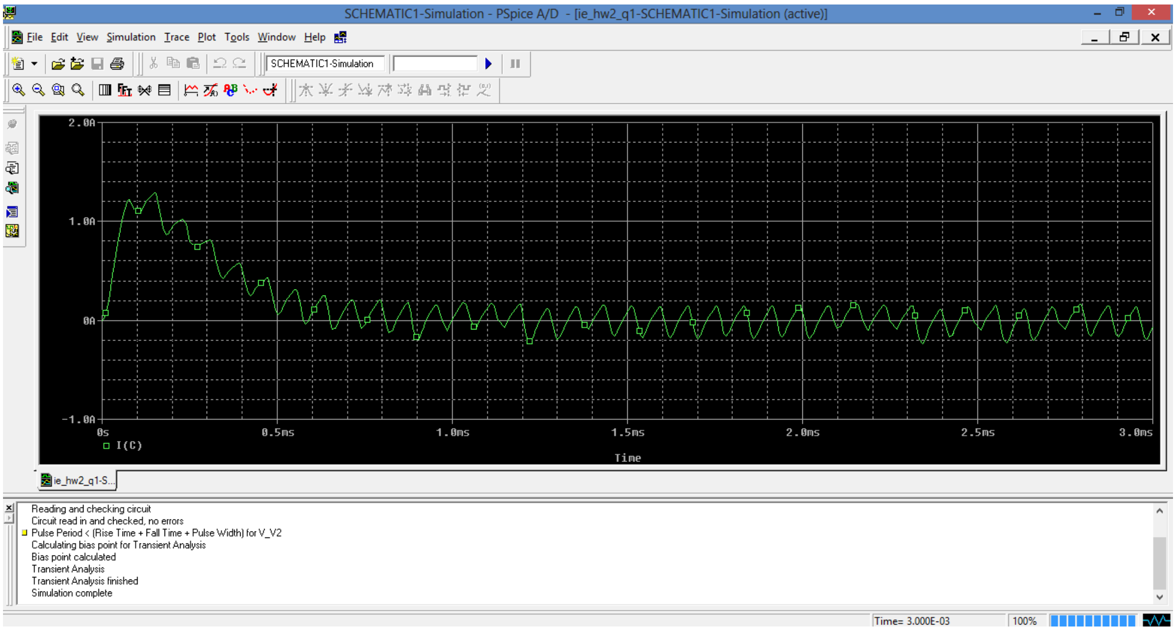
شکل موج جریان دیود:



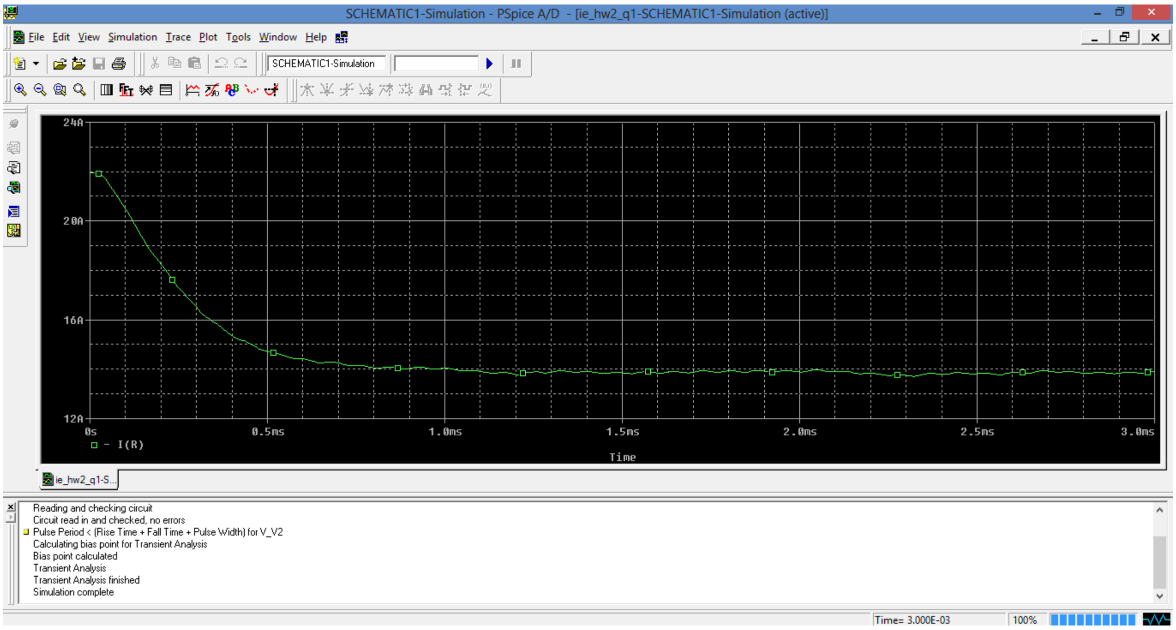
شکل موج جریان سلف:



شکل موج جریان خازن:



شکل موج جریان بار:



به علت غیر ایده آل بودن کلید و دیود، مشاهده می کنیم که تا حدی به اهداف طرحی مان رسیدیم. در واقع ریپل ولتاژ خازن و جریان سلف در محدوده طراحی (۵۰ میلی ولت و ۱ آمپر) قرار دارند ولی ولتاژ خروجی بجای ۵ ولت، برابر با ۷ ولت شده و جریان بار نیز بجای ۱۰ آمپر برابر با ۱۴ آمپر شده که به دلیل غیر ایده آل بودن کلید و دیود، این تفاوت ایجاد شده است.

سوال ۲

الف:

جواب سؤال ۲:

الف:

$$\frac{v_o}{v_i}=\frac{1}{1-D} \Rightarrow 1-D=\frac{v_i}{v_o} \Rightarrow D=1-\frac{\overbrace{v_i}^{۲٫۷\ <\ \ <\ ۴٫۲}}{\underbrace{v_o}_{۸}} \Rightarrow ۰٫۴۷۵ < D < ۰٫۶۶۲۵$$

$$\frac{I_o}{1-D}=I_i=\bar{I}_L$$

باتوجه به اینکه $۰٫۴۷۵ < D < ۰٫۶۶۲۵$ است، $\bar{I}_L$ دارای مقدار کمینه و بیشینه خواهد بود و در بازه‌ای تغییر می‌کند.

اگر $\Delta i_{L\,max}$ را برابر با $\underset{۴۰\text{ درصد}}{۸۰}$ کمینه مقدار $\bar{I}_L$ قرار بدهیم، در همهٔ حالت‌ها، $\Delta i_{L_{max}}$ کمتر از ۴۰ درصد $\bar{I}_L$ می‌شود

$\Leftarrow$ $\Delta i_{L\,max}$ را برابر ۴۰ درصد کمینهٔ مقدار $\bar{I}_L$ (وقتی که $D = ۰٫۴۷۵$ است) قرار می‌دهیم:

$$\Delta i_{L\,max}=۰٫۴\times\frac{\overset{۱A}{I_o}}{۱-۰٫۴۷۵}=۰٫۷۶۱۹$$

فرض می‌کنیم در شرایط مرزی هستیم: $\Delta i_L = i_{L,Peak}=\frac{DT}{L}\overbrace{v_i}^{(1-D)v_o}=\frac{D(1-D)v_o}{f_s L} < \Delta i_{L\,max}$

اگر L را در حالتی که $D(1-D)$ بیش‌ترین مقدار خود را دارد، بدست بیاریم (طوری که ریپل جریان برابر با $\Delta i_{L\,max}$ شود) با تغییر D، مقدار ریپل کم‌تر شده و درنتیجه همواره ریپل جریان سلف، کمتر از ۴۰ درصد $\bar{I}_L$ (همان $\Delta i_{L_{max}}$) می‌شود.

$$\Rightarrow D=۰٫۴۷۵ \Rightarrow \frac{D(1-D)\overbrace{v_o}^{۸}}{\underbrace{f_s}_{۲\times۱۰^{۵}} L}=\overbrace{۰٫۷۶۱۹}^{\Delta i_{L\,max}} \Rightarrow \boxed{L=۱۳٫۳\ H}$$

در این حالت $D(1-D)$ بیشینهٔ مقدار خودش را به ازای $۰٫۴۷۵ < D < ۰٫۶۶۲۵$ تجربه می‌کند.

ب:

ب:

$$۰٫۴۷۵ < \tilde{D} < ۰٫۶۶۲۵$$

$$\frac{\Delta v_c}{v_c} = \frac{\Delta v_o}{v_o} = \frac{DT}{RC} = \frac{\tilde{D}}{f_s R C} \leq ۰٫۰۲$$

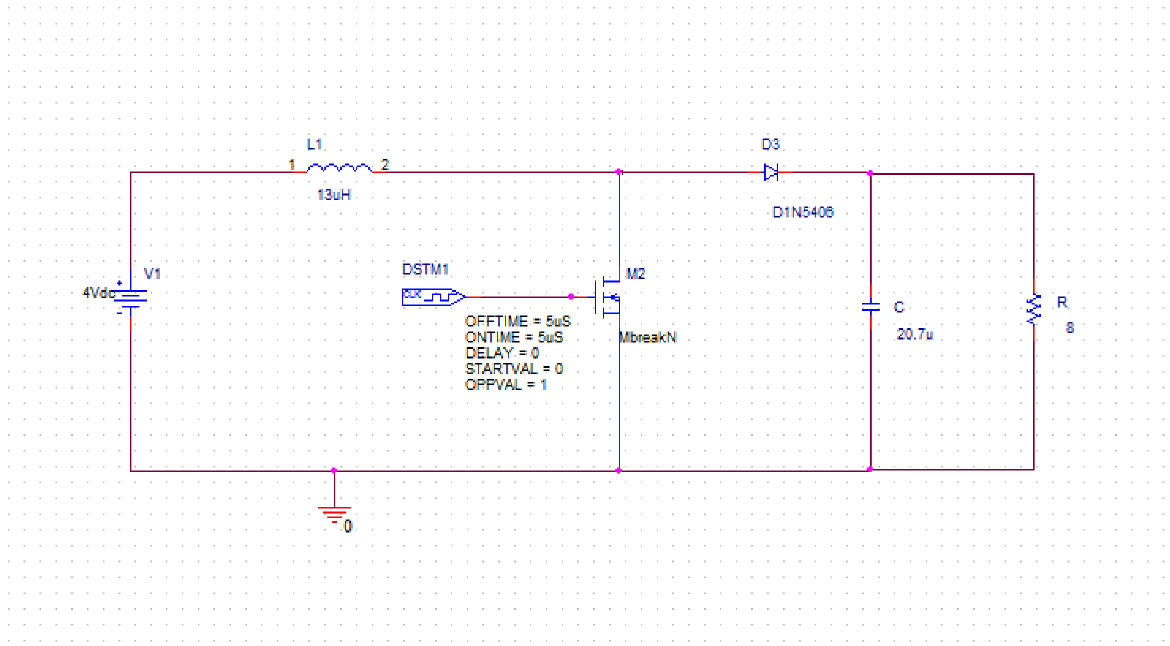
$$f_s = ۲\times۱۰^{۵} \qquad R = \frac{v_o}{I_o} = \frac{۸}{۱} = ۸$$

اگر C را در حالتی که D، بیش‌ترین مقدارش را دارد و میزان ریپل ($\frac{\Delta v_c}{v_c}$) برابر ۲ درصد باشد، بدست بیاریم، با تغییر D، میزان ریپل ($\frac{\Delta v_c}{v_c}$) کاهش یافته و در نتیجه همواره ریپل کم‌تر از ۲ درصد خواهد بود:

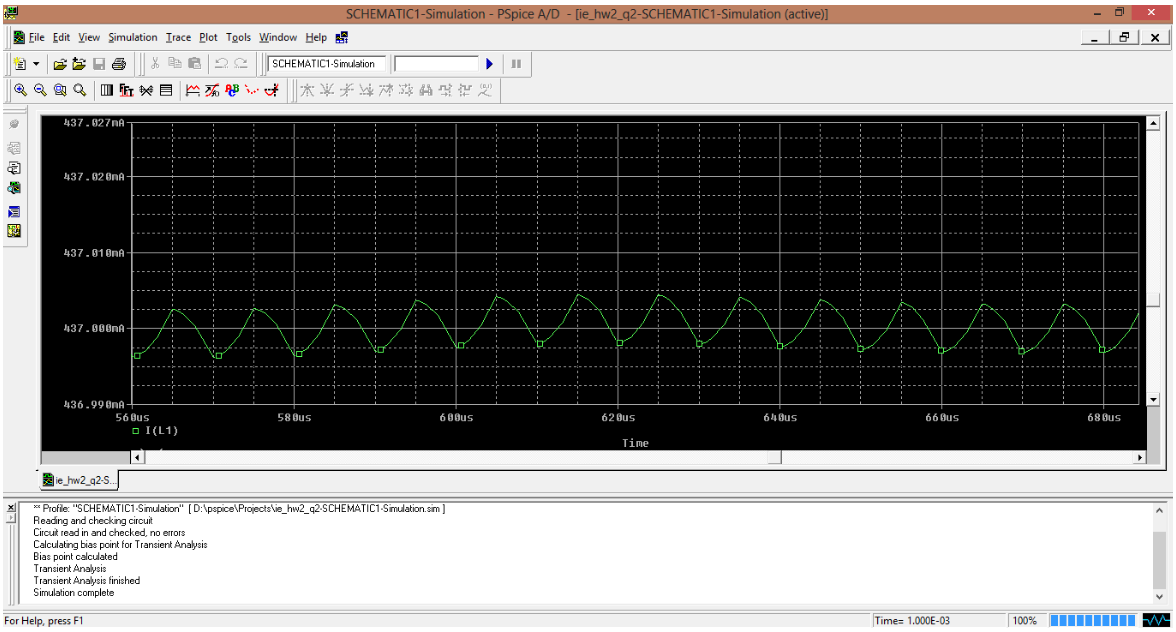
$$\underbrace{D = ۰٫۶۶۲۵}_{\text{بیش‌ترین مقدار } D} \Rightarrow \frac{D}{f_s R C} = \frac{۰٫۶۶۲۵}{۲\times۱۰^{۵}\times۸\times C} = ۰٫۰۲ \Rightarrow \boxed{C = ۲۰٫۷\,\mu F}$$

ج:

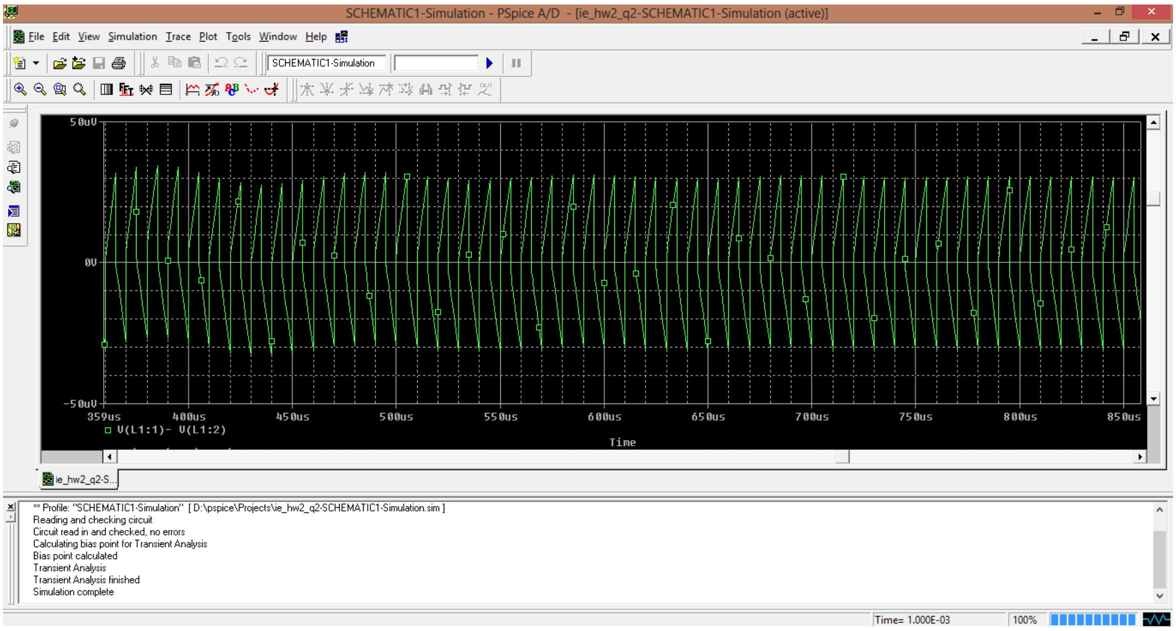
مدار رسم شده در PSpice:



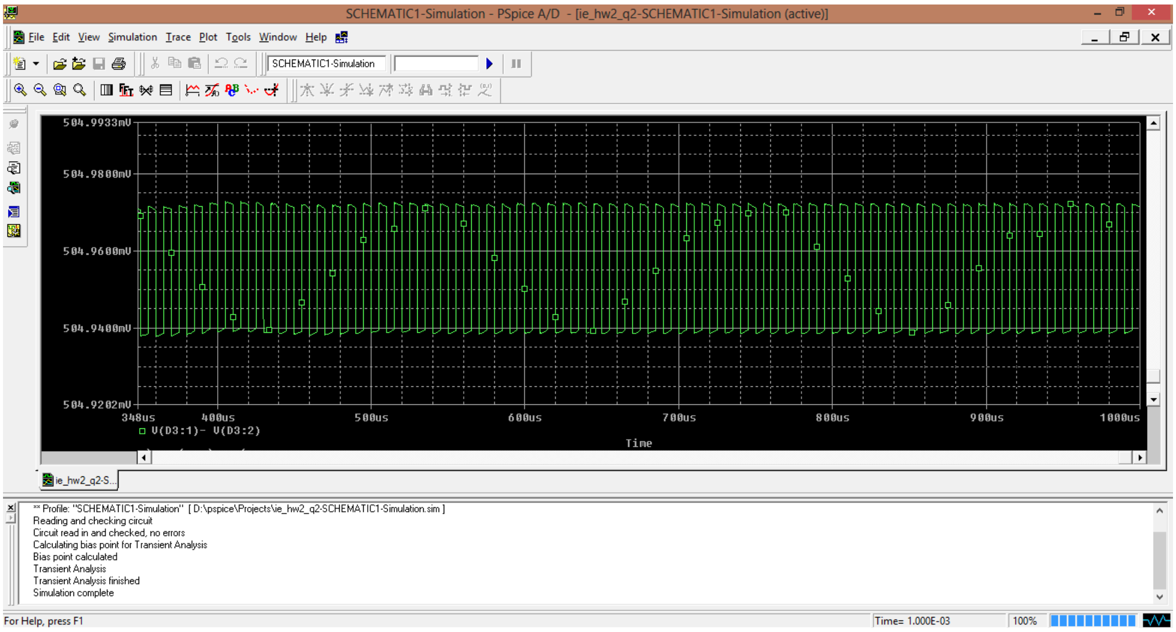
شکل موج جریان سلف:



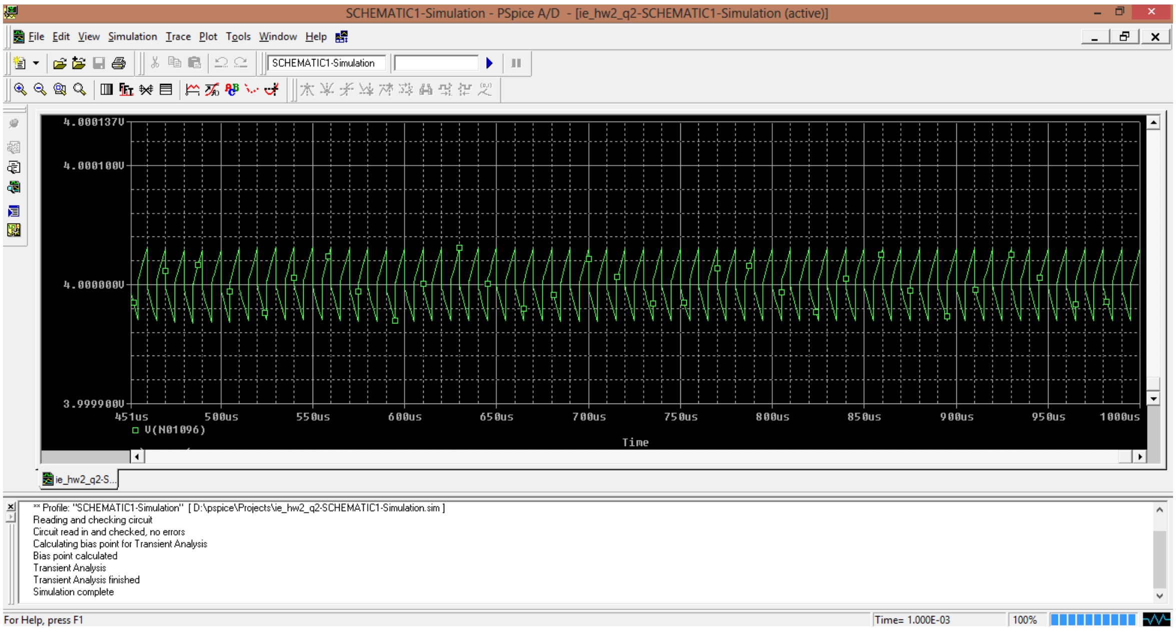
شکل موج ولتاژ سلف:



شکل موج ولتاژ دیود:



شکل موج ولتاژ کلید:



سوال ۳

جواب سؤال ۳ :

کلید باز باشد : $\overbrace{(L_1 + L_2)}^{L_{tot}} \dfrac{di_L}{dt} = v_i - v_o \Rightarrow \dfrac{di_L}{dt} = \dfrac{v_i - v_o}{L_1 + L_2}$

کلید بسته باشد : $\overbrace{L_1}^{L_{tot}} \dfrac{di_L}{dt} = v_i \Rightarrow \dfrac{di_L}{dt} = \dfrac{v_i}{L_1}$

$\Rightarrow$ وقتی کلید باز است $\Delta i_L : \dfrac{di_L}{dt} \times (1-D)T = \dfrac{v_i - v_o}{L_1 + L_2} \times (1-D)T$

وقتی کلید بسته است $\Delta i_L : \dfrac{di_L}{dt} \times DT = \dfrac{v_i}{L_1} \times DT$

کلید باز $\Delta i_L = -($ کلید بسته $\Delta i_L)$

برای اینکه سلف پایدار باشد باید تغییرات جریان ۰ باشد $\Rightarrow \dfrac{v_i - v_o}{L_1 + L_2}(1-D)\cancel{T} = \dfrac{-v_i}{L_1} D\cancel{T}$

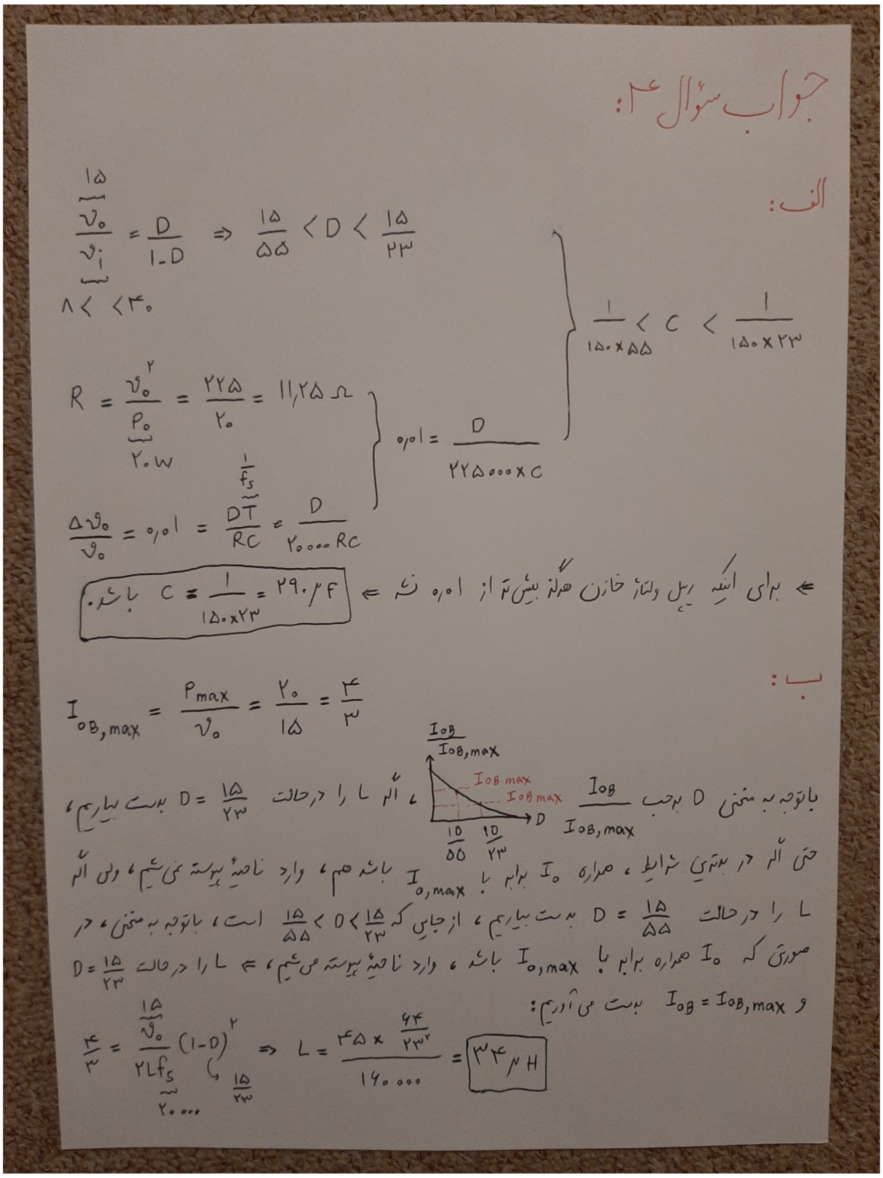
$$\Rightarrow (v_i - v_o)(1-D) = \frac{-v_i}{L_1} D (L_1 + L_2)$$

$$\Rightarrow (v_i)\left((1-D) + \frac{D}{L_1}(L_1 + L_2)\right) = (v_o)(1-D)$$

$$\Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \frac{(1-D) + \frac{D}{L_1}(L_1 + L_2)}{1-D} = \frac{1 + D\frac{L_2}{L_1}}{1-D}$$

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \boxed{\frac{1 + D\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2}{1-D}}$$

سوال ۴



جواب سؤال ۴:

الف:

$\frac{\overbrace{v_o}^{۱۵}}{\underbrace{v_i}_{۸< \ <۴۰}} = \frac{D}{1-D} \Rightarrow \frac{۱۵}{۵۵} < D < \frac{۱۵}{۲۳}$

$R = \frac{v_o^2}{\underbrace{P_o}_{۲۰W}} = \frac{۲۲۵}{۲۰} = ۱۱/۲۵\,\Omega$

$\frac{\Delta v_o}{v_o} = ۰/۰۱ = \frac{D\overbrace{T}^{\frac{1}{f_s}}}{RC} = \frac{D}{۲۰۰۰۰RC}$

$۰/۰۱ = \frac{D}{۲۲۵۰۰۰\times C}$

$\frac{1}{۱۵۰\times۵۵} < C < \frac{1}{۱۵۰\times۲۳}$

⇐ برای اینکه ریپل ولتاژ خازن هرگز بیش‌تر از ۰/۰۱ نشه ⇐ $\boxed{C = \frac{1}{۱۵۰\times۲۳} = ۲۹۰\mu F \text{ باشد.}}$

ب:

$I_{oB,max} = \frac{P_{max}}{v_o} = \frac{۲۰}{۱۵} = \frac{۴}{۳}$

باتوجه به منحنی $\frac{I_{oB}}{I_{oB,max}}$ برحسب D ، اگر L را در حالت $D = \frac{۱۵}{۲۳}$ بدست بیاریم، حتی اگر در بدترین شرایط، جریان I_o برابر با $I_{o,max}$ باشه هم، وارد ناحیهٔ پیوسته می‌شیم، ولی اگر L را در حالت $D = \frac{۱۵}{۵۵}$ بدست بیاریم، از جایی که $\frac{۱۵}{۲۳} > D > \frac{۱۵}{۵۵}$ است، باتوجه به منحنی، در صورتی که جریان I_o برابر با $I_{o,max}$ باشد، وارد ناحیهٔ پیوسته می‌شیم، ⇐ L را در حالت $D = \frac{۱۵}{۲۳}$ و $I_{oB} = I_{oB,max}$ بدست می‌آوریم:

$\frac{۴}{۳} = \frac{\overbrace{v_o}^{۱۵}}{2L\underbrace{f_s}_{۲۰۰۰۰}}(1-\underbrace{D}_{\frac{۱۵}{۲۳}})^2 \Rightarrow L = \frac{۴۵\times\frac{۶۴}{۲۳^۲}}{۱۶۰۰۰۰} = \boxed{۳۴\mu H}$

سوال ۵

جواب سؤال ۵ :

الف:

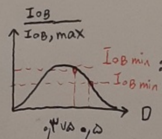
$$\underbrace{P_{o,min}}_{۸} = I_{o,min} \times \underbrace{v_o}_{۳۲} \Rightarrow I_{o,min} = ۰٫۲۵\ A$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{1}{1-D} \Rightarrow 1-D = \frac{v_i}{v_o} \Rightarrow D = 1-\frac{\overbrace{v_i}^{۱۶<\ <۲۰}}{\underbrace{v_o}_{۳۲}} \Rightarrow ۰٫۳۷۵ < D < ۰٫۵$$

اگر فرض کنیم در شرایطِ مرز جریان پیوسته و ناپیوسته هستیم:

$$\Rightarrow I_{oB} = \frac{T v_o}{2L} D(1-D)^2 = \frac{v_o}{2L f_s} D(1-D)^2$$

باتوجه به منحنی D برحسب $\frac{I_{oB}}{I_{oB,max}}$:



، اگر L را در حالت $D = ۰٫۳۷۵$ بدست بیاریم، حتی اگر در بدترین شرایط، همواره I_o برابر با $I_{o\,min}$ باشد هم، وارد ناحیهٔ ناپیوسته نمی‌شیم، ولی اگر L را در حالت $D = ۰٫۵$ بدست بیاریم، از جایی که D بین ۰٫۵ و ۰٫۳۷۵ تغییر می‌کند، باتوجه به منحنی، در صورتی که I_o ، برابر با $I_{o\,min}$ باشد، وارد ناحیه ناپیوسته می‌شیم ← L را در حالت $D = ۰٫۳۷۵$ و $I_{oB} = I_{oB,min}$ بدست می‌آوریم:

$$I_{oB} = ۰٫۲۵\ A = \frac{۳۲}{2L \times ۱۵۰۰۰} \times ۰٫۳۷۵ \times (۰٫۶۲۵)^2 \Rightarrow \boxed{L = ۶۲۵\ \mu H}$$

ب:

$$I_{oB\,min} = \frac{v_o}{2L f_s} D(1-D)^2 = \frac{۳۲۰۰۰}{2 \times ۶۲۵ \times ۱۵} \times ۰٫۵ \times (۰٫۵)^2 = \boxed{۰٫۲۱۳۳\ A}$$

← باتوجه به منحنی، در بازهٔ $۰٫۳۷۵ < D < ۰٫۵$ ، به ازای $D = ۰٫۵$ ، کمترین I_{oB} را خواهیم داشت