آقا سفارش شده بیشتر بلم، همه درس رو بخون، امادوی الیا
هر وقت کشیدی، تا تو بتونی درس بخونی

به نام دانای حق

Ⓘ

steady state (equilibrium)

① An intruduction to power electronics

② principles of steady state analysis

(voltage-second balance, Amp-second bala

③ steady state equivalent circuit modeling

(DC-transformer modeling)

④ switch realijation

⑤ Discontinuous conduction mode

⑥ converter circuits

9:15 - 10:00 سه
دوشنبه
اتاق 108

① Dynamics & control

① AC modeling

② Transfer function & controller design

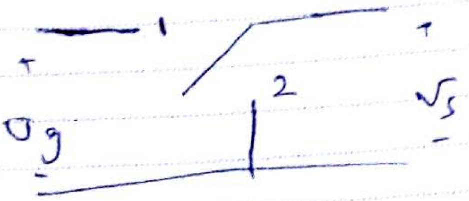
- Transformer & inductor design

- soft switching and resonant converter

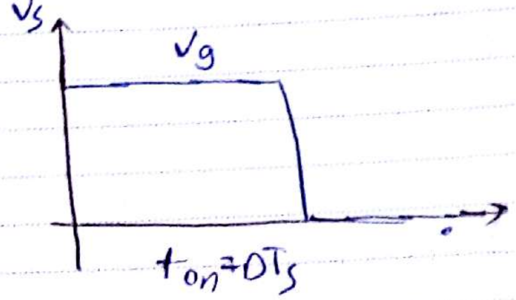
tavakoli@eetd.kntu.ac.ir

- R.W. Erikson, "fundamentals of power electronics"
- Kluwer Academic publishing, 2000
- mohan, power Electronics
- Rashid, ——

SPDT : single pole Double TRUe



3 Position $\begin{cases} 1 & v_s = 100\ v \\ 2 & v_s = 0\ v \end{cases}$

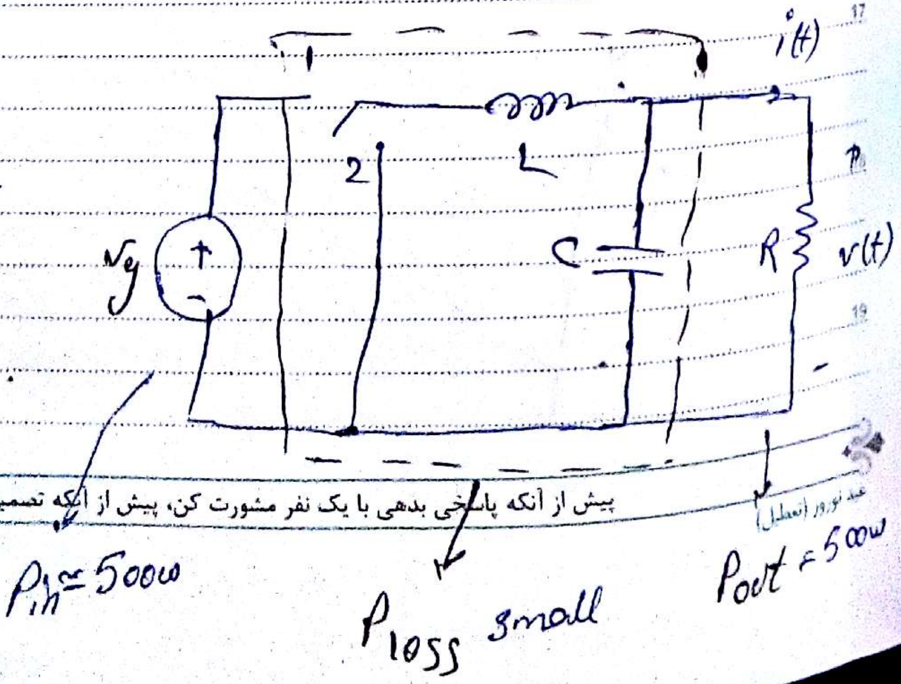


D: Duty cycle  $D = \frac{t_{on}}{T_s}$  $0 \leq D \leq 1$

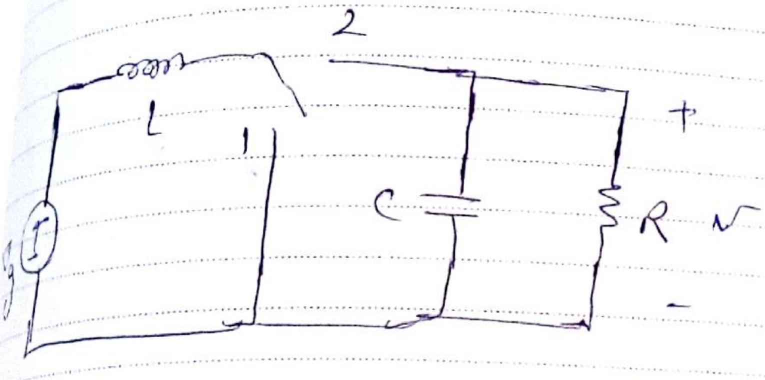
$$\bar{v}_s = \frac{1}{T_s}\left[\int_0^{DT_s} v_g\, dt + \int_{DT_s}^{T_s} 0\, dt\right] = \frac{v_g D T_s}{T_s} = D v_g$$

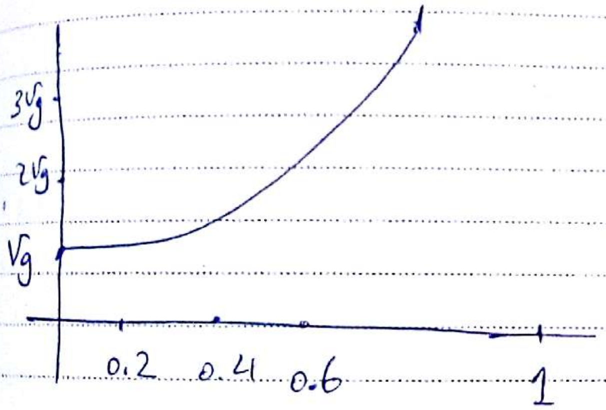
Buck converting

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$


1
2
L
C
R
$v_g$
+
-
$i(t)$
+
$v(t)$
-
$P_{in} \simeq 500w$
$P_{loss}$ small
$P_{out} = 500w$

## e Boost converter





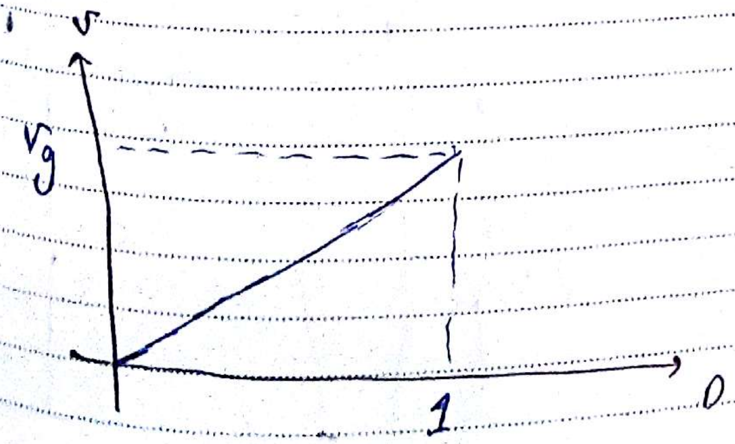
اول در وضعیت 1 ،

سلف در آن جریان شارژ میشه

بعد میره در حالت 2 ، جریان C رو

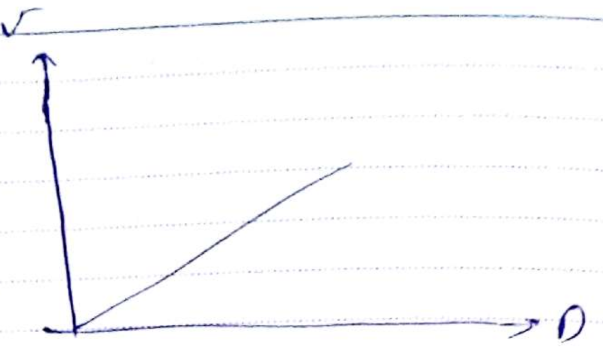
سلف یکدفعه کم نمیشه، باعث شارژ خازن میشه.

## Buck converter



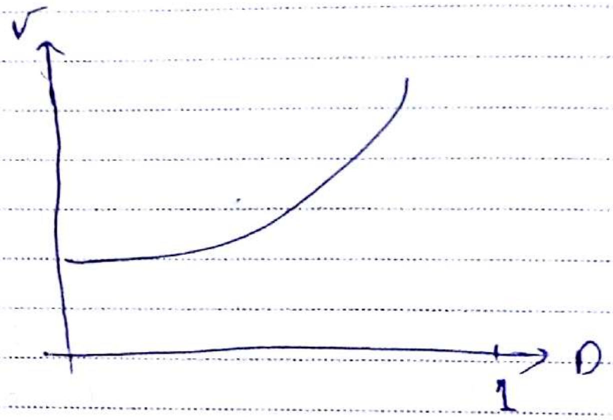
$\bar{V}_s = D V_g$

Buck



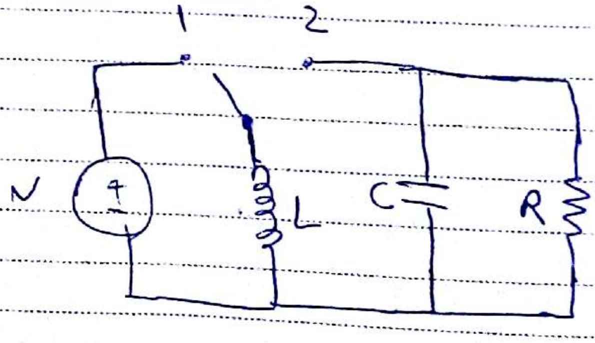
$$m(D) = \frac{V_{out}}{V_s} = D$$

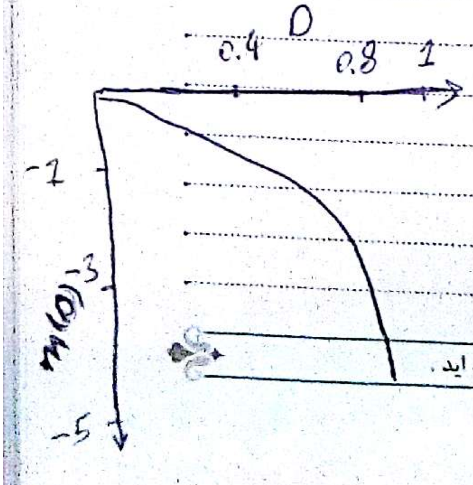
Boost



$$m(D) = \frac{1}{1-D}$$

Buck – Boost



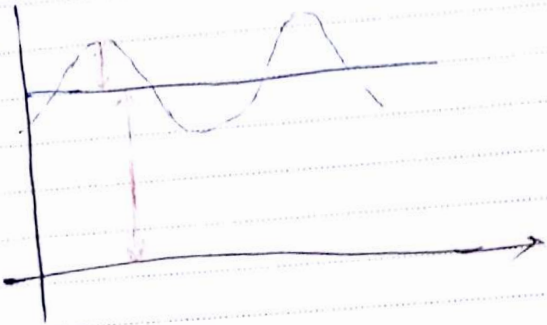


$$m(D) = \frac{-D}{1-D}$$

قانون ولتاژ ثانیه ← سلف

قانون جریان ثانیه ← خازن

Small Ripple Approximation → SRA



فرکانس طبیعی نوسان، باید از فرکانس سوییچ کمتر باشد. تا دارای SRA کمتر باشیم. هرچه فرکانس سوییچ بیشتر باشد، دارای SRA کمتری باشیم

$SRA \propto \frac{1}{f} \propto T$

$$v_L = v_g - v(t) = v_g - (\overset{\overset{DC}{\uparrow}}{V} + v_{ripple})$$

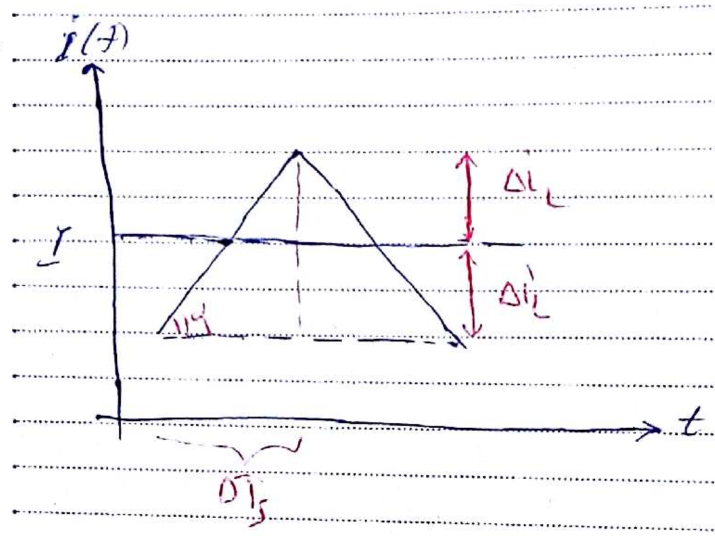
$\Longrightarrow$

SRA : $v_{ripple}(t) \ll V$

$v_L \cong V_g - V$

(13)

هرچه $T_s$ کمتر (فرکانس بیشتر)، شیب کمتر ← ripple کمتر



(14)

برای $\Delta i_L$ کمتر

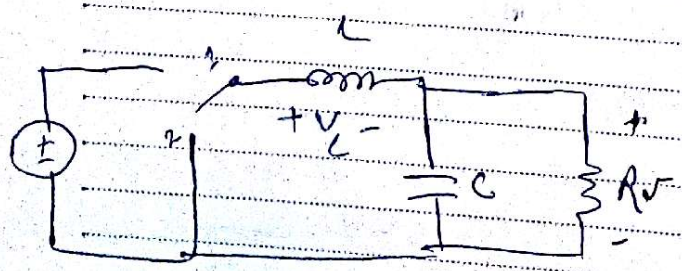
یا L بزرگتر (اندوکتانس)

فرکانس بیشتر ($T_s$ کمتر)

$$\tan(\alpha) = \frac{2\Delta i_L}{DT_s} = \frac{V_g - V}{L}$$

(15)

در شکل اول، V (ولتاژ خروجی) صفر، اما اگر کمی ساطع می شد. در شکل های بعدی هم V کمی بیشتر دیدیم



می شود

S:1 $v_L = V_g - V$ $\frac{di_L}{dt} = \frac{V_g - V}{L}$

S:2 $v_L = -V$ $\frac{di_L}{dt} = \frac{-V}{L}$

جریان در $DT_s$ و $D'T_s$ هم برابر باشد تا بگوییم [illegible] به پایدار رسیده ایم.

در حالت کلی المان‌ها به حالت دائمی می‌رسند، در اسلاید اخیر ما فرض (همه المان‌ها به حالت دائمی رسیدند.

(16)

$$v_L(t) = L\frac{di_L(t)}{dt} \Rightarrow \frac{1}{L}\int_{nT_s}^{(n+1)T_s} v_L(t)\,dt = \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} di_L(t)$$

$$\Rightarrow i_L((n+1)T_s) - i_L(nT_s) = 0$$

$D' = 1-D$

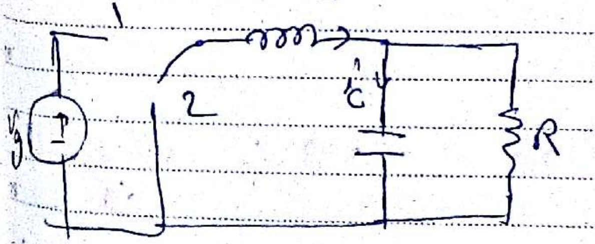
ولتاژ سلف در یک پریود صفر می‌باشد (پایدار باشیم)

سلف در یک پریود

قانون ولت ثانیه ← انتگرال ولتاژ = صفر ⟸ رابطه‌ی بین ورودی و خروجی را به ما می‌دهد.

با شرایط ایده‌آل SRA برقرار باشد

(18)



SRA:

① $\rightarrow i_C = I - \frac{V}{R}$

② $i_C = I - \frac{V}{R}$

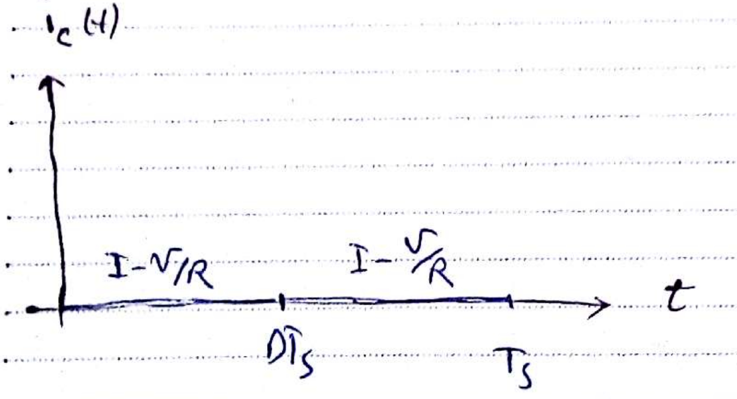
یکی از کلیدهای موفقیت این است که پیوندی سازنده بین کارهایی که انجام می دهیم و چیزهایی که دوست داریم، به وجود آوریم.

$$i_c(t) = C\,\frac{dv_c}{dt}$$

$$\frac{1}{C}\int_{nT_s}^{(n+1)T_s} i_c(t)\,dt = \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} dv_c(t) = v_c((n+1)T_s) - v_c(nT_s)$$

در حالت دائمی : $v_c((n+1)T_s) = v_c(nT_s)$

در یک پریود کامل، سطح زیر منحنی جریان بر زمان در خازن برابر صفر می باشد



$$(I - V/R)\,DT_s + (I - V/R)\,(1-D)\,T_s = 0$$

$$\Rightarrow I - V/R = 0 \longrightarrow I = V/R$$

از خازن جریانی عبور نمی کند. در فرکانس های بالا، جریان از خازن عبور می کند در فرکانس های پایین، جریان از مقاومت عبور می کند.

$\downarrow Z = \frac{1}{j\omega C} \rightarrow I \uparrow$

موفقیت، سکه ای است که روی دیگر آن ناکامی است

session outline

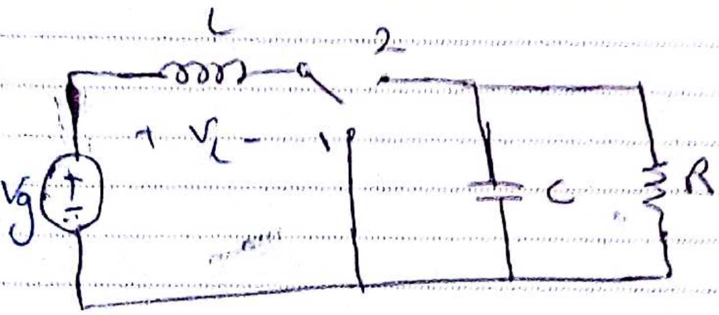
۲/۳ از اسلاید جلسه سوم رو نگرفتم.

با قانون جریان ـ بالانس، معادل شارژ را می‌نویسیم

اگر انتگرال بار، ولتاژ متعادل باشد (صفر باشد) به یک حالت steady state رسیده‌ایم، در غیر این صورت، حالتهای افزایش یا کاهش ولتاژ رو داریم

اگر $v_c(T_s) - v_c(0) = 0$ باشد یعنی حالت steady پایدار، در غیر این صورت ناپایدار

مثال ۱:



Boost

اول سلف شارژ در وضعیت 1 ، در وضعیت 2، خازن شارژ می‌شود.

+ ولتاژ سلف‌ها و جریان خازن‌ها را استخراج می‌کنیم و شکل آنها را رسم می‌کنیم (S3-P8-17)

(برای حل کردن مسائل آمپر-ثانیه و ولت-ثانیه) ← بعد ریپل جریان و ولتاژ آن را داریم

$\tan(\alpha) = \frac{V_g}{L}$ → از Buck داشتیم

در مدل Boost برخلاف، از خروجی بار بیشتری می‌کشد

$i_c = -V/R$ از قبل در مدل Buck داشتیم

$$\tan(\alpha) = \frac{-V}{RC} = \frac{-2\Delta V}{DT_s}$$

[illegible] $\omega$

$$\Delta v_c = \frac{V}{2RC} DT_s \Rightarrow C = \frac{2V}{R\,\Delta v_c} DT_s$$

$$T_s \to \frac{1}{f} \to$$ فرکانس سوئیچ زنی

$$L = \frac{V_g}{2\Delta i_L} DT_s$$

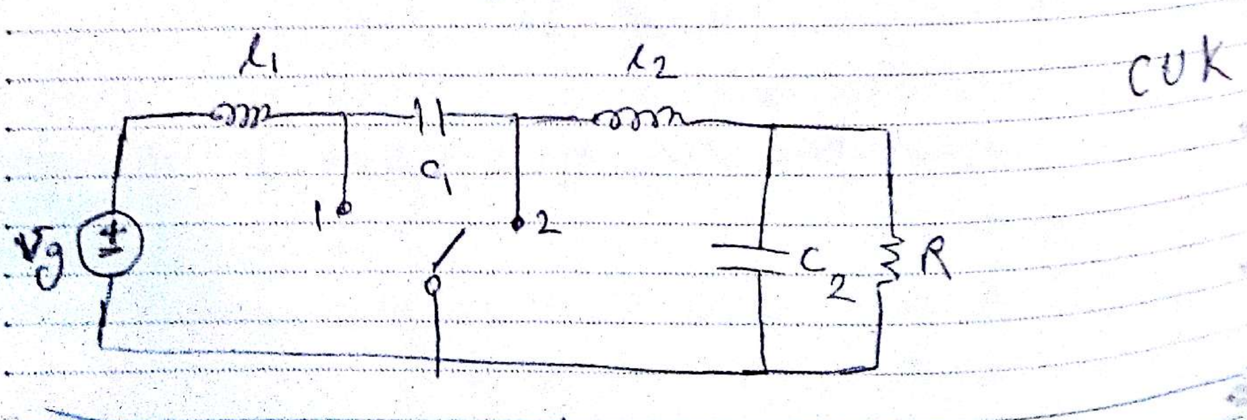
---

Buck : $\frac{V}{V_g} = D$

Boost : $\frac{V}{V_g} = \frac{1}{1-D}$

Buck-Boost : $\frac{V}{V_g} = \frac{-D}{1-D}$

CUK



مبدل cuk را نیز با Buck-Boost پیاده‌سازی کرد

هر مبدلی که در خروجی آن یک Buck داشته باشیم پیاده‌سازی می‌شود.

ولی مبدل Buck-Boost از لحاظ قیمت از cuk ارزان‌تر می‌باشد.

در مبدل cuk :

$$V_1 = \frac{V_g}{1-D}$$

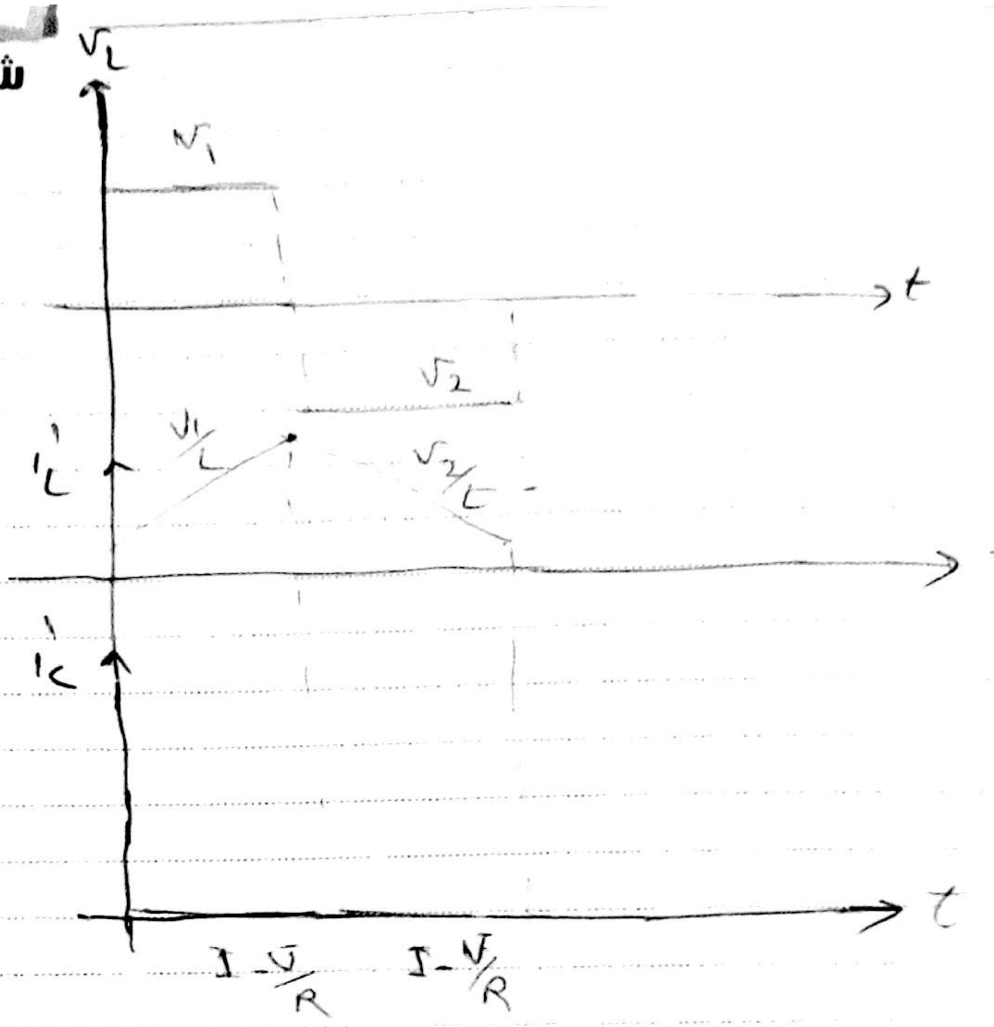
$$-DV_1 - V_2 = 0 \longrightarrow V_2/V_g = \frac{-D}{1-D}$$

$$D' I_1 + D I_2 = 0 \longrightarrow I_1 = \frac{-D}{1-D} \frac{V_2}{R}$$

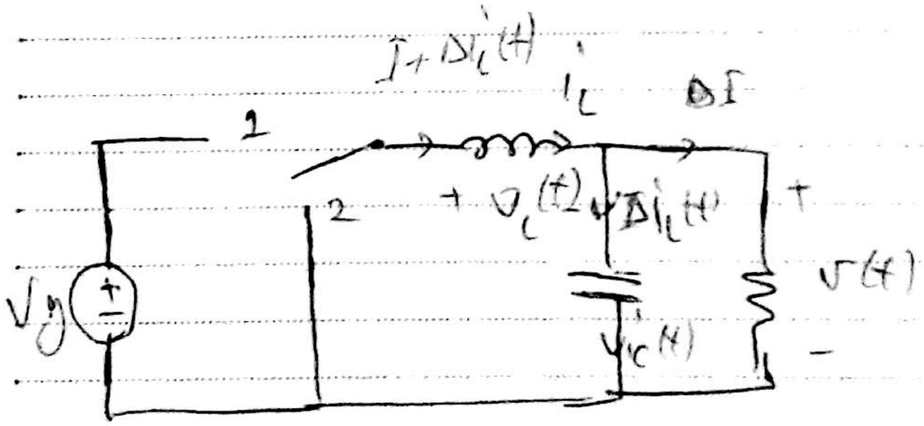
جریان خازن ← پالسی ← ریپل ولتاژ خازن ✓

ولتاژ سلف ← پالسی ← ریپل جریان سلف ✓

حال اگر ولتاژ سلف و جریان خازن پالسی نباشند حال با چه مواجه می‌گردد ؟



مثلا در مدار Buck :


$I + \Delta i_L(t)$
$i_L$
$\Delta I$
1
2
$+ v_L(t) -$
$\Delta i_L(t)$
+
$v(t)$
-
$V_g$
$i_C(t)$

S: 1 $\quad 0 \le t \le DT_s$

S: 2 $\quad DT_s \le t \le T_s$

$v_L(t) = V_g - v(t)$

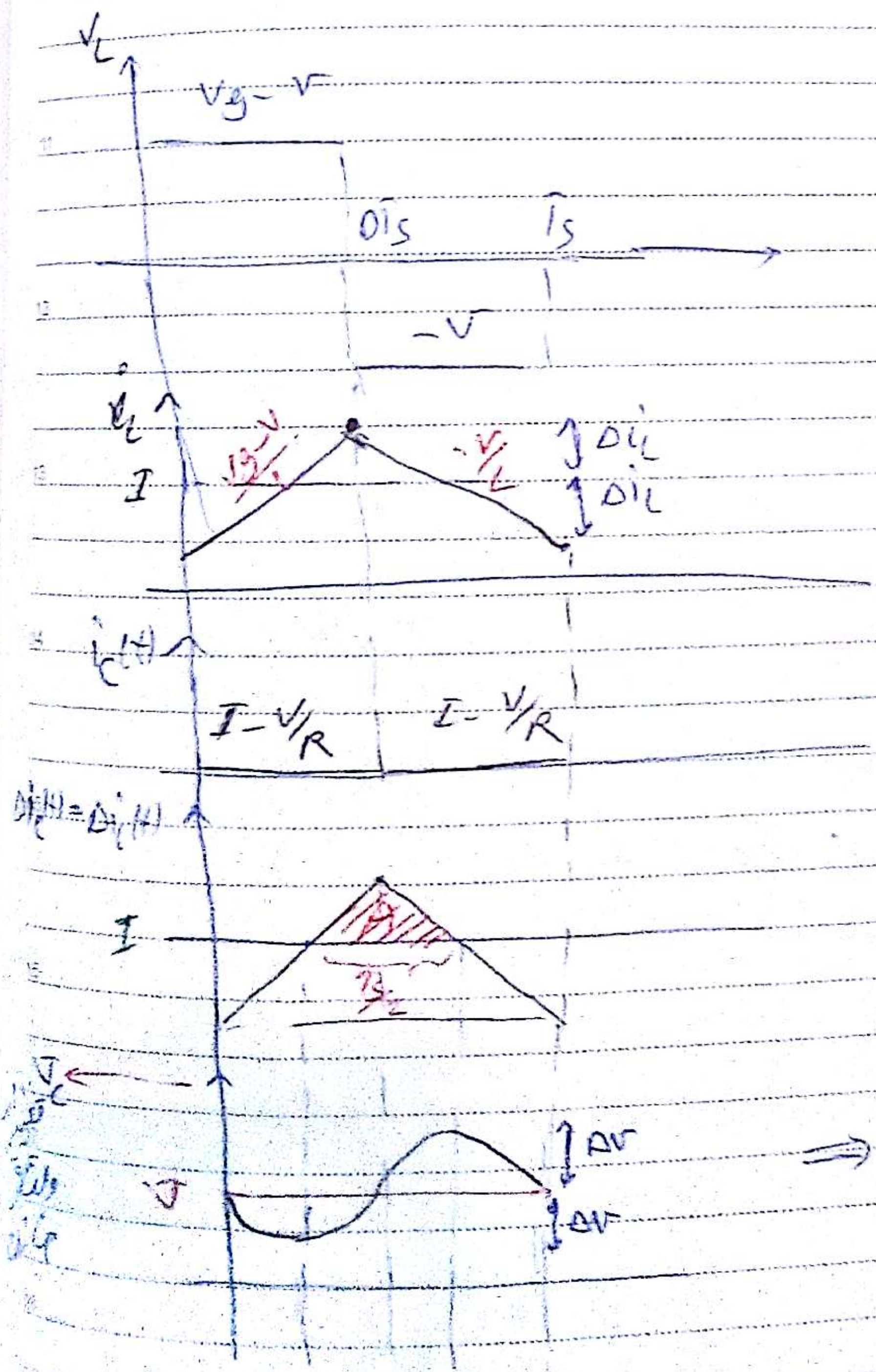
$v_L(t) = -v(t)$

$i_C(t) = i_L(t) - \dfrac{v(t)}{R}$

$i_C(t) = i_L(t) - \dfrac{v(t)}{R}$

SRA :

$$① \Longrightarrow \begin{cases} v_L = V_g - v \\ I_C = I - V/R \end{cases} \qquad ② \Longrightarrow \begin{cases} v_L = -v \\ i_C = I - V/R \end{cases}$$



$$\Longrightarrow i_C = C \frac{dv_C(t)}{dt}$$

این شکل مهم است
مخصوصی شکل ۵ ام

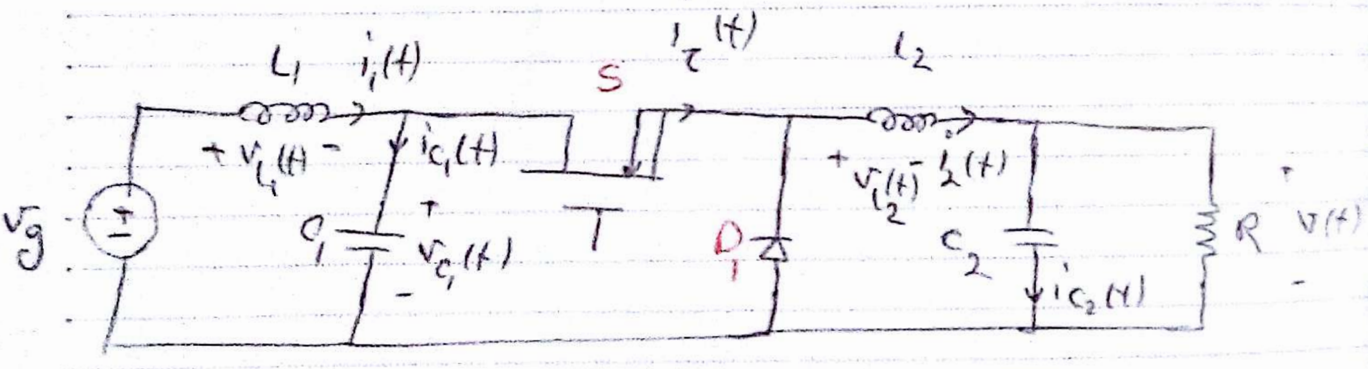
$$i_L(t) = I + \Delta i_L(t)$$

$$A = \frac{\frac{T_s}{2} \times \Delta i_L}{2} = q = C(2\Delta v)$$ [illegible]

$$\Delta v = \frac{T_s \times \Delta i_L}{8C} \Longrightarrow C = \frac{T_s \times \Delta i_L}{8\Delta v}$$

$q \to \varphi$ در مدار، سلف، دوگان حالت [illegible]

Exercise 2.9:


$L_1$
$i_1(t)$
S
$i_T(t)$
$L_2$
$+ v_{L_1}(t) -$
$i_{C_1}(t)$
$v_g$
$C_1$
$+$
$v_{C_1}(t)$
$-$
T
$D_1$
$+ v_{L_2}(t) -$
$i_2(t)$
$C_2$
$i_{C_2}(t)$
R
$+$
$v(t)$
$-$

a: draw $i_T(t)$ ?

b: draw DC component of $i_1, i_2, v_{C_1}, v_{C_2}$ ?

* c: find ripples of $i_1, v_{C_1}$ ?

d: if $v_g = 48V$, $V = 36(V)$, $f_s = 100\ kHz$

$R = 6(\Omega)$, select $L_1, C_1$ such that $\Delta v_{C_1} = 2\%\, V$

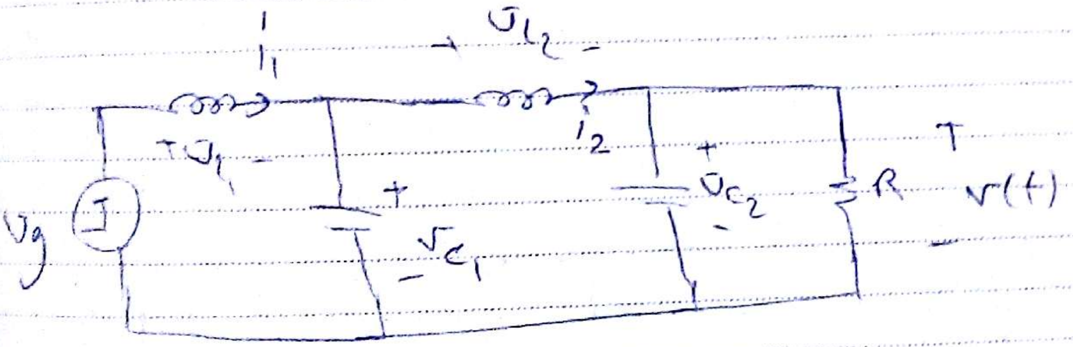
$\Delta i_{L_1} = 20mA$

هر روز در اطراف ما هزاران سیب از درخت به زمین می افتند، ولی آنچه وجود ندارد دیدگاه «نیوتنی» است.

EMI - Buck

LC یک فیلتر پایین گذر ← تا $v_{C_1}$ صاف‌تر در خروجی
خازن هم داشته باشیم.

$S_1$: ON , $0 < t < DT_s$
$D_1$: off

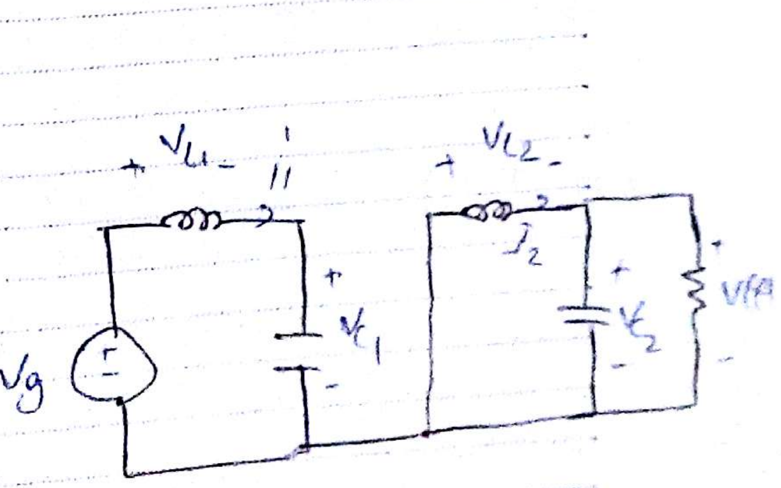

$i_1$
$v_{L_2}$
$+ v_{L_1} -$
$i_2$
$V_g$
$+$
$v_{C_1}$
$-$
$+$
$v_{C_2}$
$-$
R
$+$
$v(t)$
$-$

SRA :

$v_{L_1} = V_g - v_{C_1}$ $i_{C_1} = I_1 - I_2$

$v_{L_2} = v_{C_1} - v$ $i_{C_2} = I_2 - v/R$

$S_1$: off
$DT_s < t < T_s$
$D_1$: ON


$+ v_{L_1} -$
$i_1$
$+ v_{L_2} -$
$I_2$
$V_g$
$+$
$v_{C_1}$
$-$
$+$
$v_{C_2}$
$-$
$+$
$v/R$
$-$

SRA :

$V_{L_1} = V_g - V_{C_1}$ $\qquad$ $i_{C_1} = I_1$

$V_{L_2} = -V$ $\qquad$ $i_{C_2} = I_2 - V/R$

$V_0$(t-seccond balance}:

$$\begin{cases} D(V_g - V_{C_1}) + (1-D)(V_g - V_{C_1}) = 0 \Rightarrow V_g = V_{C_1} \\ D(V_{C_1} - V) + (1-D)(-V) = 0 \Rightarrow V = DV_g \end{cases}$$

طبق

Bck

Amp-seccond balance:

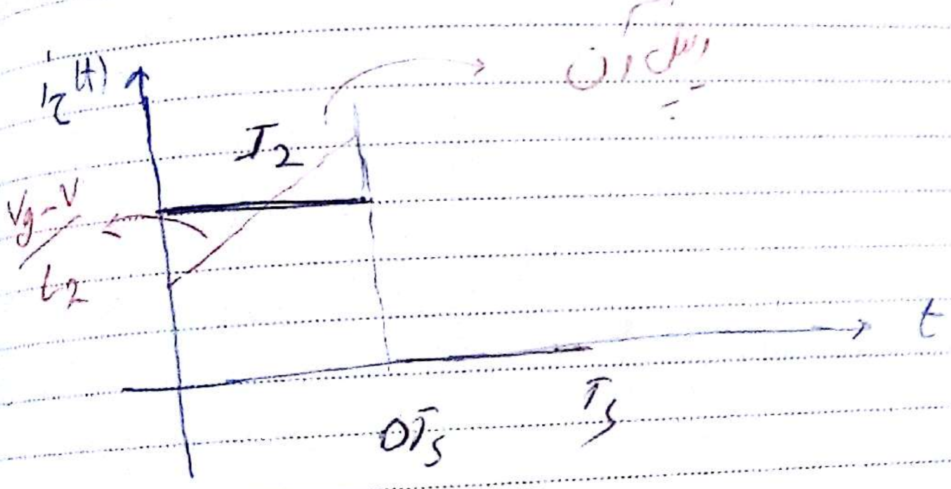
$D(I_1 - I_2) + (1-D)I_1 = 0 \Rightarrow I_1 = DI_2$

مقدار متوسط $I_1$ از $I_2$ کمتر است

$D(I_2 - V/R) + (1-D)(I_2 - V/R) = 0 \Rightarrow I_2 = V/R$

a. $0 \leq t \leq DT_s \longrightarrow i_2 = I_2$

$DT_s \leq t \leq T_s \longrightarrow i_2 = 0$



b.

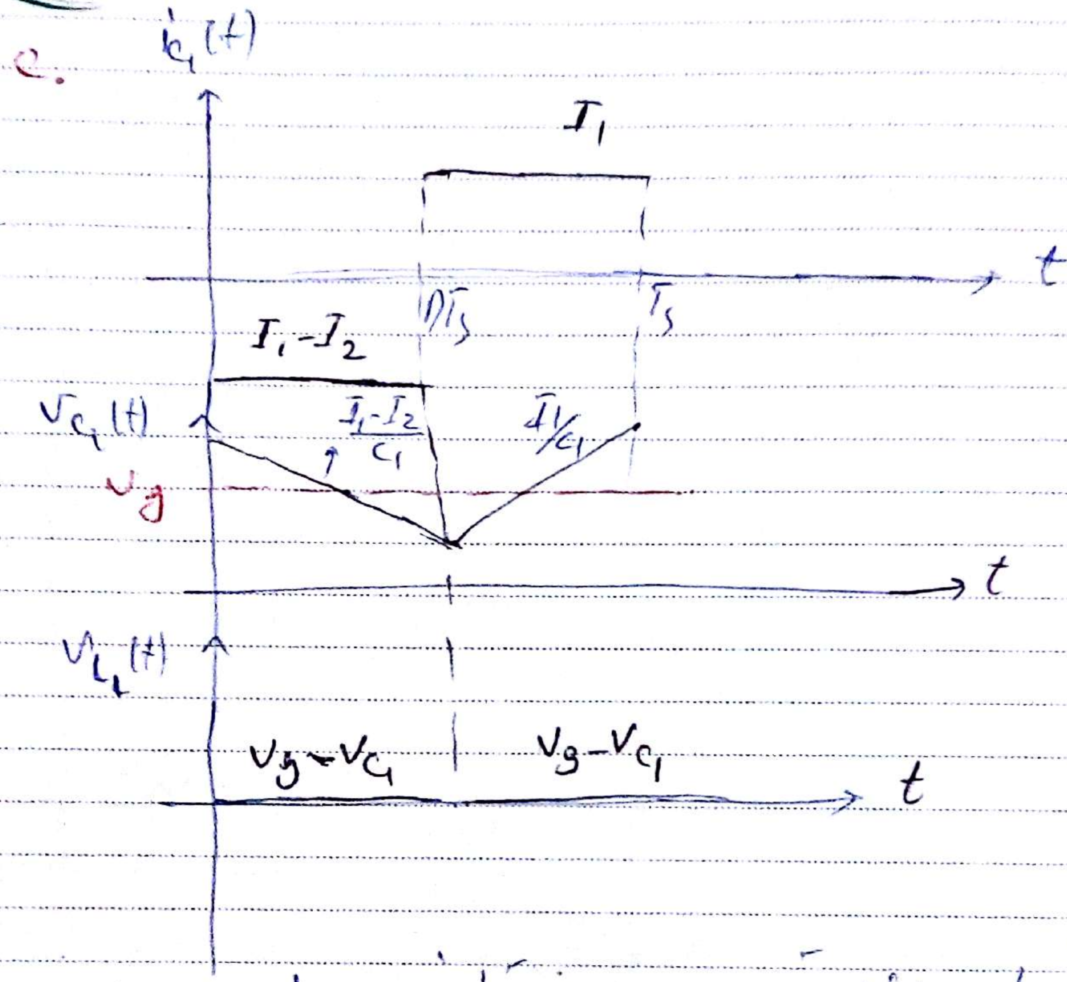
Volt-seccond balance:

Amp. seccond Balanc:

$I_1 = DI_2 = \frac{D^2 V_g}{R}$

$I_2 = V/R = \frac{DV_g}{R}$

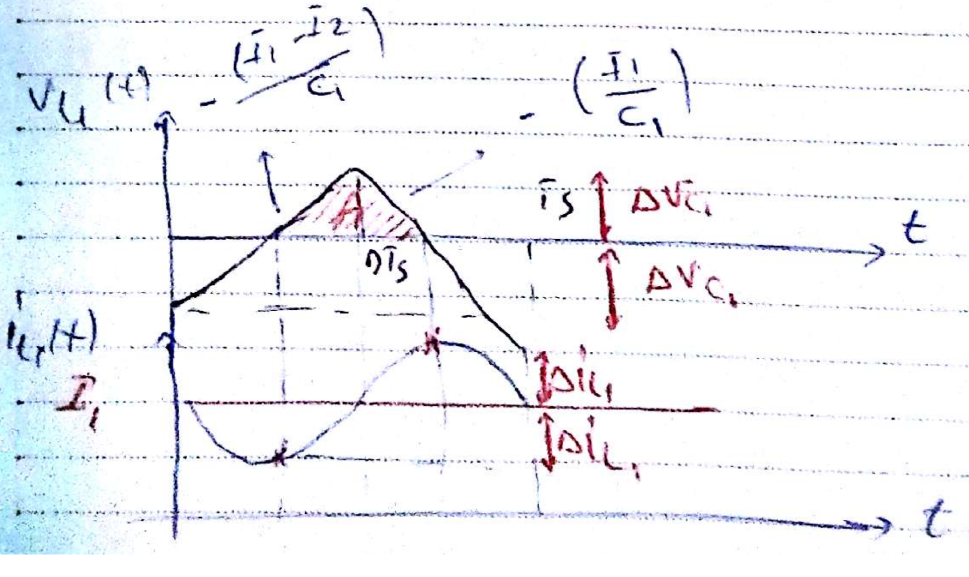
c.


$i_{c_1}(t)$
$I_1$
$t$
$DT_s$
$T_s$
$I_1 - I_2$
$v_{c_1}(t)$
$\frac{I_1 - I_2}{C_1}$
$I_1/C_1$
$V_g$
$t$
$v_{L_1}(t)$
$V_g - v_{C_1}$
$V_g - v_{C_1}$
$t$

جریان خازن در حالت پالسی است، بنابراین ریپل آن را می‌توان بدست آورد:

جریان ها خطی نیست، بنابراین از قاعده SRA نمی‌توانیم به $i_{L_1}$ برسیم بنابراین داریم:

$$v_{L_1}(t) = V_g - v_{C_1}(t) = V_g - (V_g + \Delta v_{C_1}(t)) = -\Delta v_{C_1}(t)$$


$v_{L_1}(t)$
$-\frac{(I_1 - I_2)}{C_1}$
$-\left(\frac{I_1}{C_1}\right)$
$A$
$T_s$
$\Delta v_{C_1}$
$DT_s$
$t$
$\Delta v_{C_1}$
$i_{L_1}(t)$
$I_1$
$\Delta i_{L_1}$
$\Delta i_{L_1}$
$t$

این صفحه مهم است .

حل مسئله

$$A = \frac{\frac{T_s}{2} \times \Delta V_{c_1}}{2} = \phi = L_1 \left(2\Delta i_{L_1}\right)$$

$$\Delta i_{L_1} = \frac{T_s \times \Delta V_{c_1}}{8L_1}$$

d.

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{36}{48} = 0.75$$

$$I_2 = V/R = \frac{36}{6} = 6\,(A)$$

$$I_1 = DI_2 = 0.75 \times 6 = 4.5$$

$$\tan\alpha = \frac{I_1 - I_2}{C_1} = \frac{2\Delta V_{c_1}}{DT_s} \Rightarrow C_1 = \left|\frac{DT_s(I_1 - I_2)}{2\Delta V_{c_1}}\right|$$

$$C_1 = \left|\frac{0.75 \times 10^{-5}(4.5-6)}{2 \times 0.02 \times 48}\right| = 5.86\ \mu F$$

$$L_1 = \frac{T_s \times \Delta V_{c_1}}{8\,\Delta i_{L_1}} = \frac{10^{-5} \times 0.02 \times 48}{8 \times 0.02} = 60\ \mu H$$

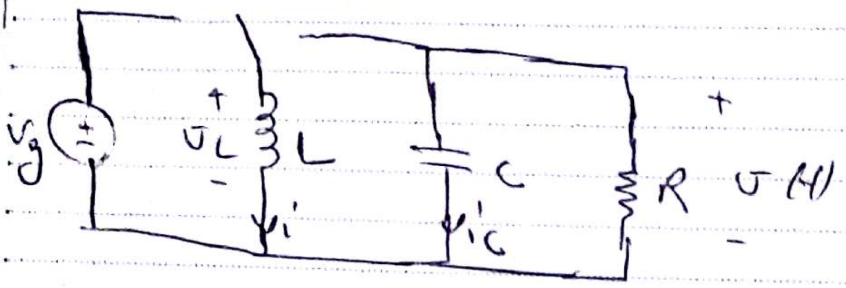
آرمان ما باید دارای شور و برانگیختگی باشد انگیزشی که آدمی را به هست و جوشش نیاورد، خسته کننده است.

هرچه فرکانس بالا ← $\downarrow T_s$ ← L و $C\uparrow$

به فرض ایده آل بودن مدار معادل cuk :

$$\frac{v}{v_g} = \frac{-D}{1-D}$$

exercise 2-1 :



a. find $v$ & $I$ ?

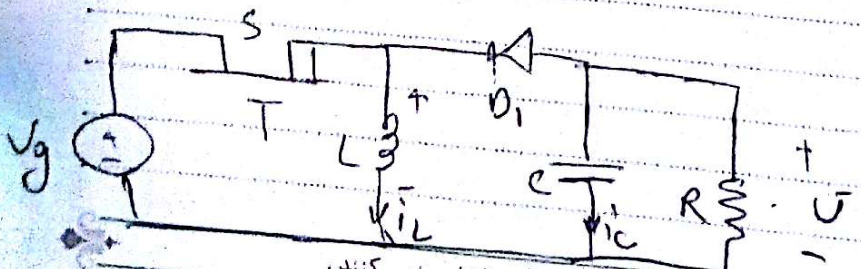
b. plot $v_L$ & $i_C$ over $D \in [0,1]$ ?

c. if $v_g = 30\,(v)$ , $v = -20\,(v)$ , $R = 4\,\Omega$ , $f_s = 40\,kHz$

i) find $D$ & $I$

ii) find $L$ suchthat $\Delta i = 10\%\, I$

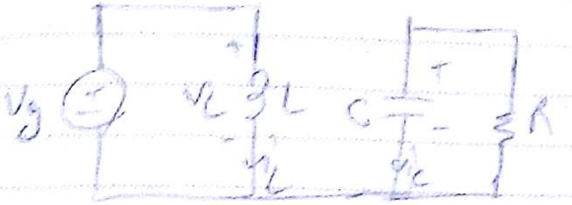
iii) find $C$ such that $\Delta v = 0.1\,(v)$



... بودن آرزویی پی می برند بر ادامه آن پافشاری نمی کنند .

S:ON

D:OFF



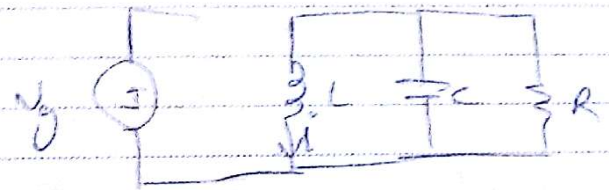
SRA:

$$v_L = V_g$$

$$i_C = -V/R$$

S:OFF

D:ON



$$v_L = V \qquad , \quad i_C = -I - V/R$$

a.

Volt.seecond

$$D(V_g) + (1-D)(V) = 0 \Rightarrow V = \frac{-D}{1-D} V_g$$

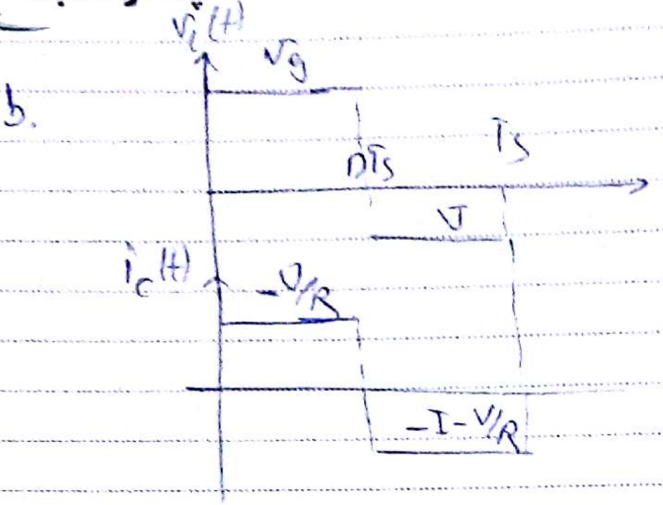
Amp-see

$$D(-V/R) + (1-D)(-I - V/R) = 0 \rightarrow I = -V/R \frac{1}{1-D}$$

گذشتن از سختی های پیش رو ، چندان سخت تر از آن چه پشت سر گذاشته ایم نخواهد بود.

روز بزرگداشت عطار نیشابوری

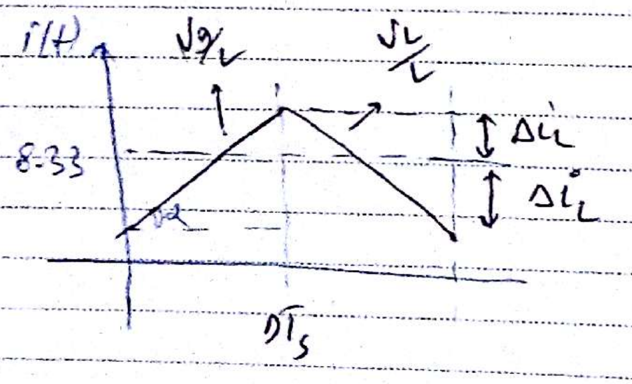
b.


$v_L(t)$
$V_g$
$DT_s$
$T_s$
$V$
$i_C(t)$
$-V/R$
$-I-V/R$

c. i) $\frac{V}{V_g} = \frac{-D}{1-D} \Rightarrow -\frac{20}{30} = \frac{-D}{1-D} \Rightarrow D = 0.4$

$$I = \frac{-V}{R}\,\frac{1}{1-D} = \frac{20}{4}\,\frac{0.4}{0.6} = 8.33\,(A)$$

ii)


$i(t)$
$V_g/L$
$V_L/L$
$\Delta i_L$
$\Delta i_L$
8.33
$DT_s$

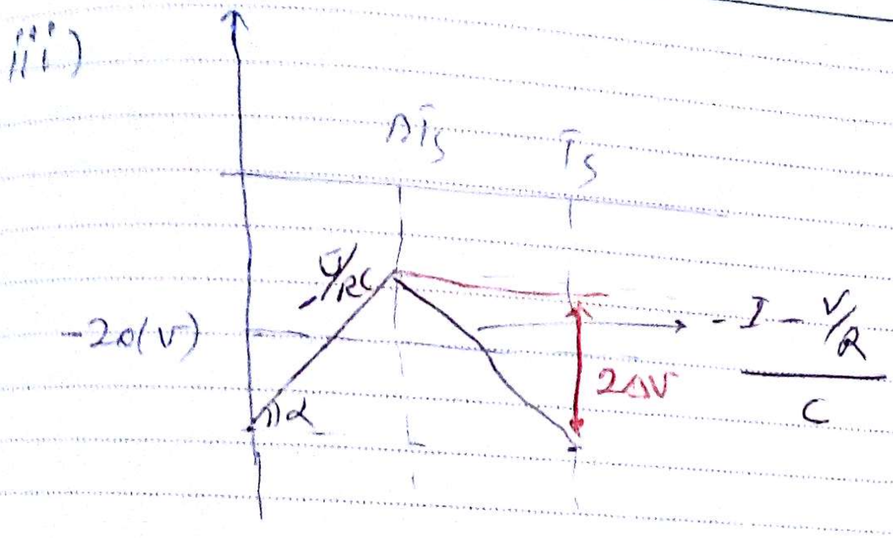
$$\frac{V_g}{V_L} = \frac{2\Delta i}{DT_s}$$

$$L = \frac{V_g \cdot D \cdot T_s}{2\Delta i} = \frac{30 \times 0.4 \times (40000)^{-1}}{2 \times 10\% \times 8.33} = 180\ \mu H$$

این صفحه معلم است .

۲۷
پنجشنبه

16 April 2015
۲۶ جمادی الثانیه ۱۴۳۶



$$-\frac{V}{RC} = \frac{2\Delta V}{DT_s} \Rightarrow C = \frac{-V}{R}\,\frac{DT_s}{2\Delta V}$$

$$C = \frac{20\times0.4\times(40000)^{-1}}{4\times2\times0.1} = 250\,\mu F$$

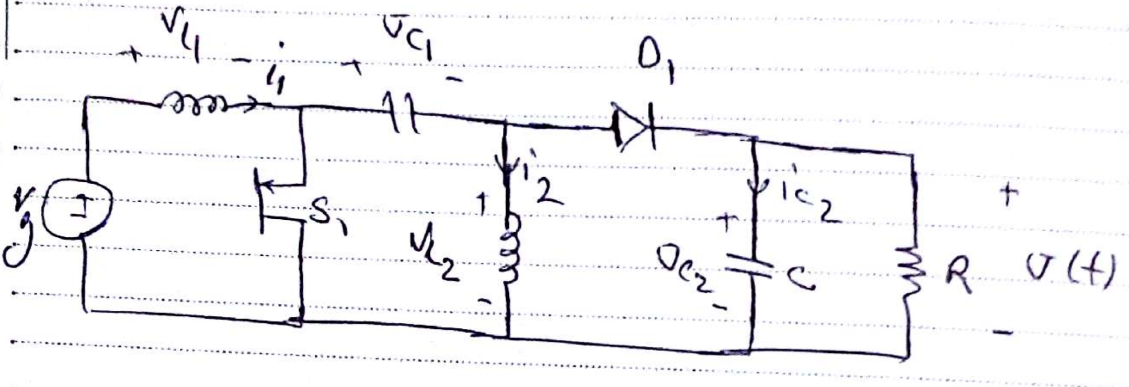
۲۸
جمعه
فروردین

17 April 2015
۲۷ جمادی الثانیه ۱۴۳۶

عکس مبدل Cuk با Buck-Boost یکی می باشد، فقط از
نظر پایداری و دینامیکی، مبدل Cuk پایدارتر می باشد.

problem 2.2 :

Single-ended primary inductance converter (SEPIC)


+ $v_{L_1}$ -
$i_1$
+ $v_{C_1}$ -
$D_1$
$i_2$
$S_1$
+ $v_{L_2}$ -
$i_{C_2}$
+ $v_{C_2}$ -
C
R
+ $v(t)$ -
$v_g$

$v_g \in [18(V), 36(V)]$ , Desired : $V = 28(V)$, & 2A (load)

ثابت شده

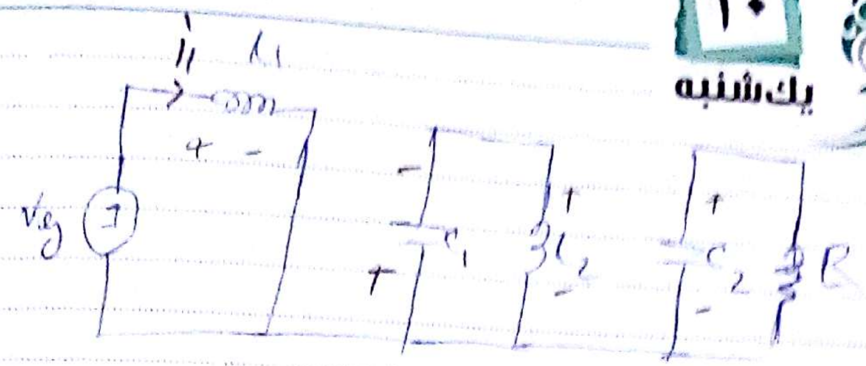
a. find $v_{C_1}, v_{C_2}, I_1, I_2$ ?

b. To have regulated $\begin{cases} V = 28(V) \\ \frac{V}{R} = 2(A) \end{cases}$

find variation Rang for D & $I_1$ ?

$S_1$ : ON

$D_1$ : OFF

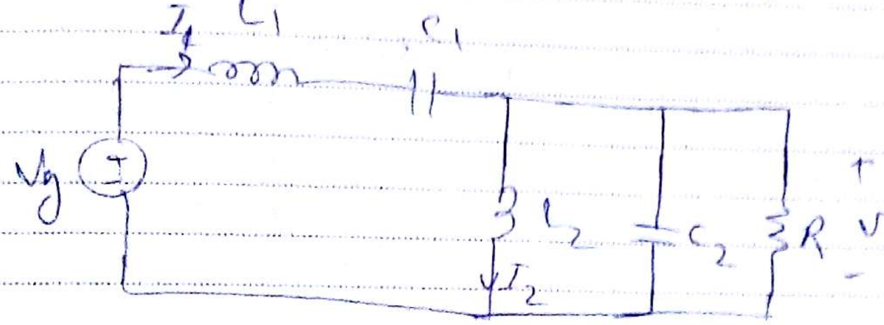


SRA1

$v_{L_1}=v_g$ $\quad v_{L_2}=-v_{C_1}$ $\quad i_{C_1}=I_2$ $\quad i_{C_2}=-v/R$

$S_1$ : OFF

$D_1$ : ON



SRA :

$$v_{L_1}=v_g-v_{C_1}-v_{L_2}=v_g-v_{C_1}-v$$

$$v_{L_2}=v$$

$$i_{C_1}=I_1$$

$$i_{C_2}=I_1-I_2-v/R$$

volt-sec :

$$\begin{cases} D\,v_g+(1-D)(v_g-v_{C_1}-v)=0 \\ D(-v_{C_1})+(1-D)(v)=0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_{C_1}=v_g \\ v=\dfrac{D}{1-D}\,v_g \end{cases}$$

$$\text{Amp. sec:}\begin{cases} D(I_2) + (1-D)(I_1) = 0 \\ D(-V/R) + (1-D)(I_1 - I_2 - V/R) = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{D}{1-D}\frac{V}{R} = \left(\frac{D}{1-D}\right)^2 \frac{V_g}{R} \\ I_2 = \frac{-V_g}{R}\frac{D}{1-D} \end{cases}$$

b/ $V_g \in [18, 36]\ (V)$ , $\frac{V}{V_g} = \frac{D}{1-D}$

$\frac{28}{18} = \frac{D}{1-D} \Longrightarrow D = 0.609$

$\Longrightarrow D \in [0.4375, 0$

$\frac{28}{36} = \frac{D}{1-D} \Longrightarrow D = 0.4375$

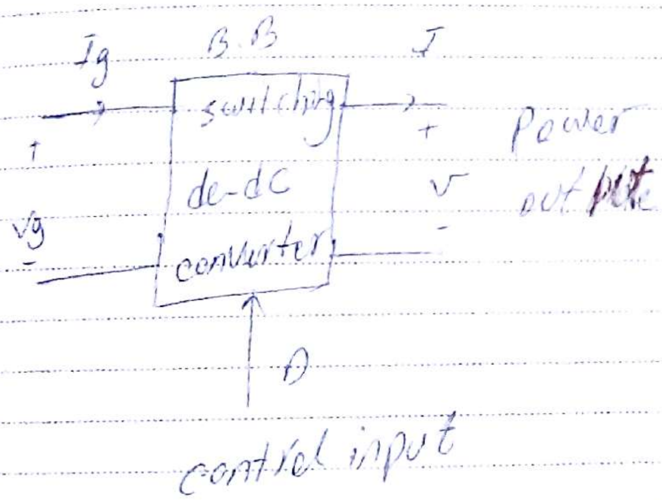
$$I_1 = \left(\frac{D}{1-D}\right)^2 \frac{V_g}{R} = \begin{cases} \left(\frac{0.609}{1-0.609}\right)^2 \frac{28}{14} = 3.115\ (A) \\ \left(\frac{0.4375}{1-0.4375}\right)^2 \frac{36}{14} = 1.55\ (A) \end{cases}$$

شکل های جریان و ولتاژ را رسم کنیم .

در این فصل می خواهیم ببینیم که وقتی مقدار سلف و خازن بالا نیست و

و اتلاف ما حالت ایده آل را در نظر نگیریم ، چطور باید معادلات را تحلیل کرد

ترانس ایده آل


$I_g$
B.B
$I$
switching
dc-dc
converter
+
$V_g$
-
+
$V$
-
Power
output
$D$
control input

$P_{in} = P_{out}$

$V_g I_g = V \cdot I$

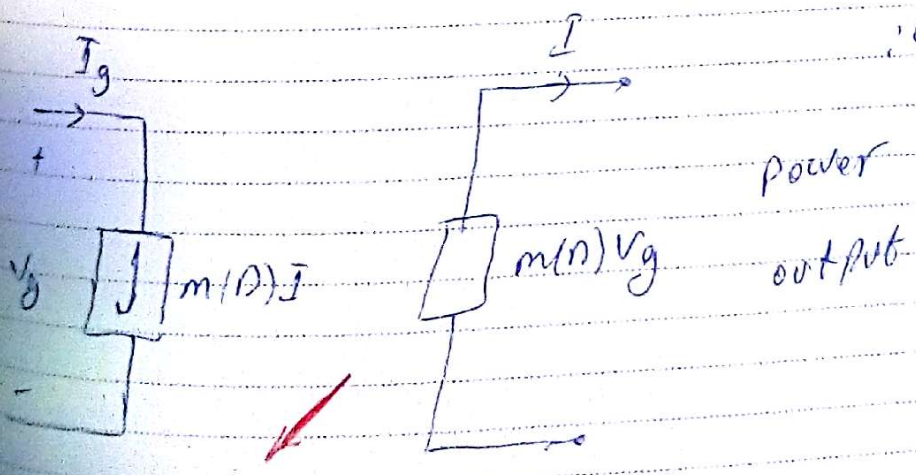
$\eta = 100\%$

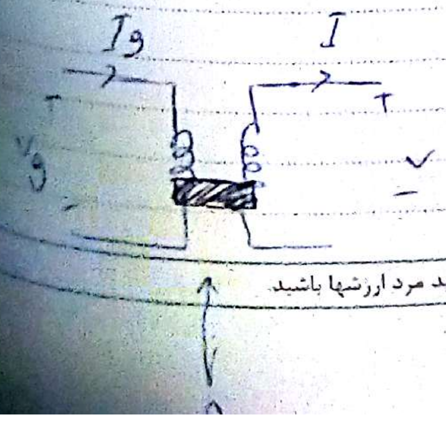
$V = M(D)\, V_g$

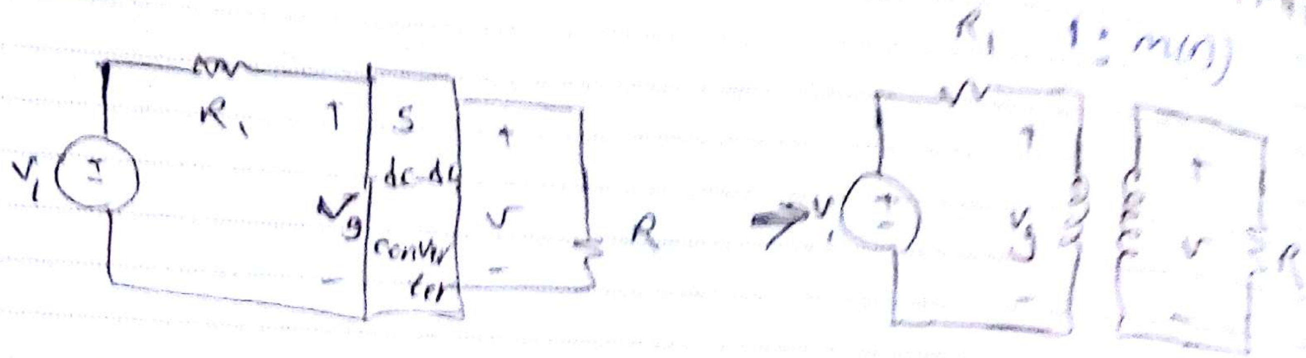
(ideal conversion ratio)

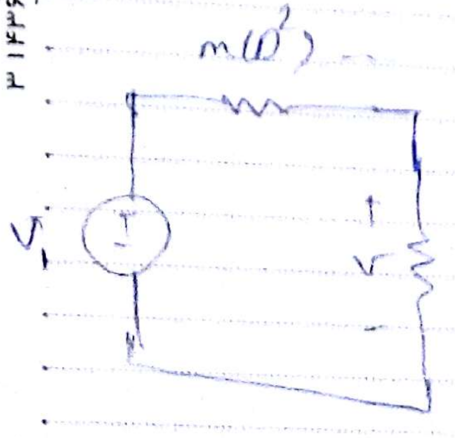
$I_g = M(D)\, I$

مدل کردن آن به صورت:


$I_g$
+
$V_g$
-
$M(D) I$
$I$
$M(D) V_g$
power
output

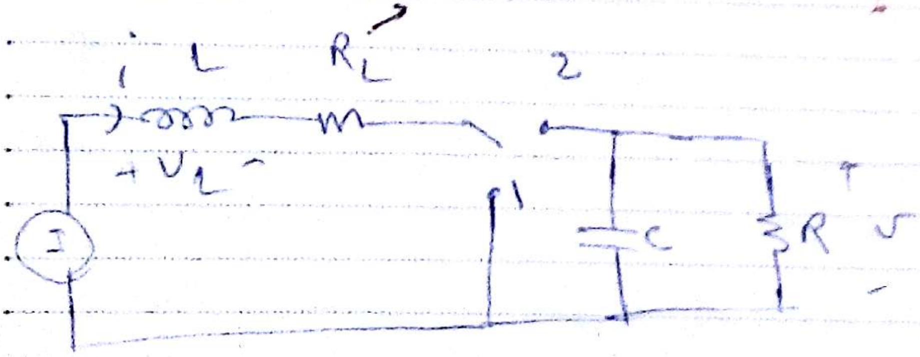



$V_1$
$R_1$
+
$V_g$
−
S
dc-dc
converter
+
v
−
R
$R_1$
1 : m(D)
$V_1$
+
$V_g$
−
+
v
−
R



مقاومت اهمی سلف

مدل مدار boost :


i
L
$R_L$
2
1
+ $V_L$ −
C
R
+
v
−

DST 1:

$v_L(t) = v_g - i(t) R_L$ $\xrightarrow{SRA}$ $V_L = V_g - I R_L$

$i_C(t) = -v(t)/R$ $\quad$ $I_C = -V/R$

در حالت 2:

$$v_L(t) = V_g - i(t)R_L - v(t) \approx V_g - IR_L - V$$

$$i_C(t) = I - V/R$$

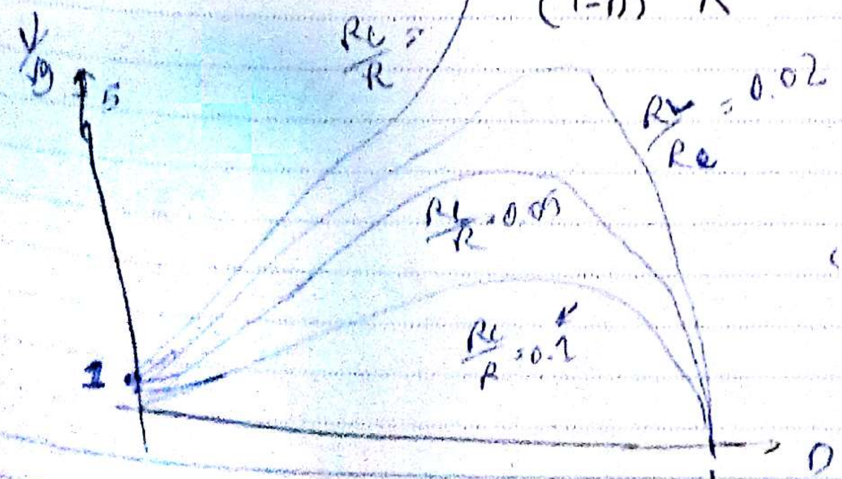
حالا ولت ثانیه:

$$D(V_g - IR_L) + (1-D)(V_g - IR_L - V) = 0 \rightarrow$$

Gain راستش را نمی‌دهد.

$$D(-V/R) + (1-D)(I - V/R) = 0$$

$$\frac{V}{V_g} = \frac{1}{(1-D)\left(1 + \frac{R_L}{(1-D)^2 R}\right)}$$



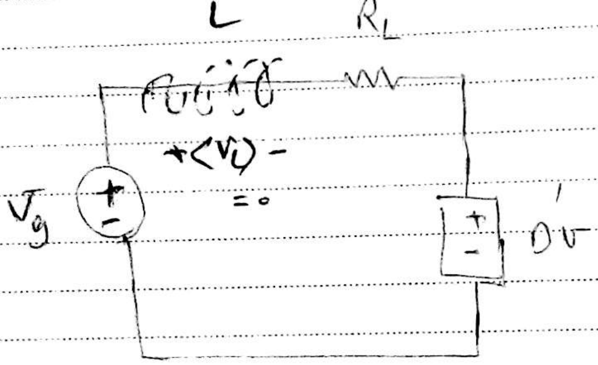
هرچه مقاومت سلف بیشتر گردد، Gain ما کاهش پیدا می‌کند.

$$\langle v_L \rangle = 0 = V_g - I R_L - D' v \qquad (1)$$

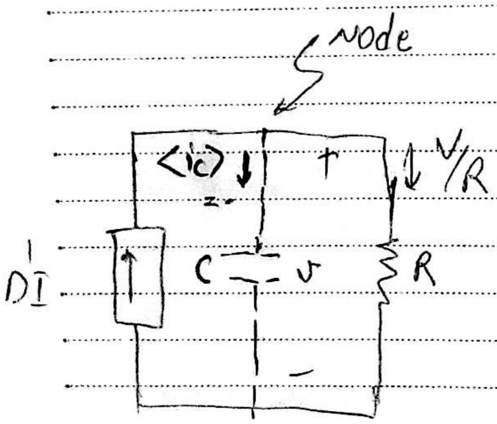
$$\langle i_C \rangle = 0 = D' I - v/R \qquad (2)$$

در حالت Steady state دائمی

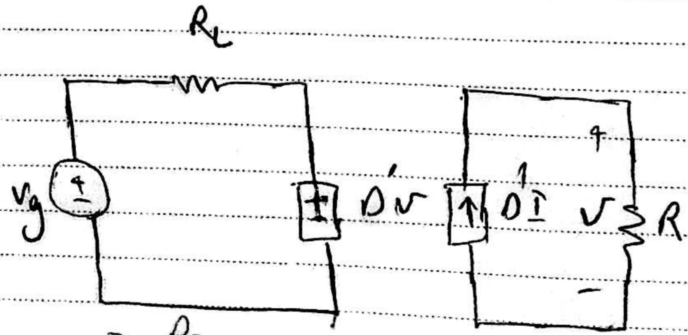
(1) مدل مداری

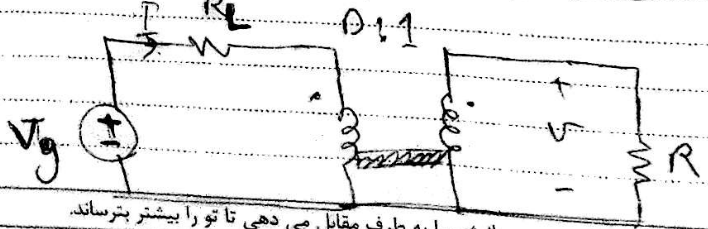

L
$R_L$
$+\langle v_L \rangle -$
$= 0$
$V_g$
+
−
$D' v$

مدل مداری 2:


Node
$\langle i_C \rangle$
$= 0$
+
$v/R$
$D' I$
C
v
R
−

①, ② ⇒


$R_L$
$V_g$
$D' v$
$D' I$
+
v
R
−

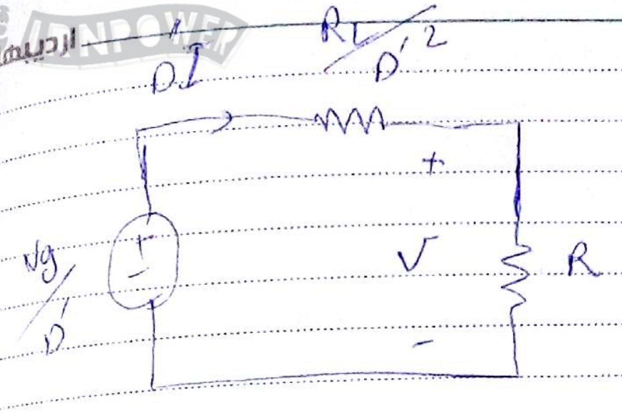


boost

مدل ترانسفورمر DC

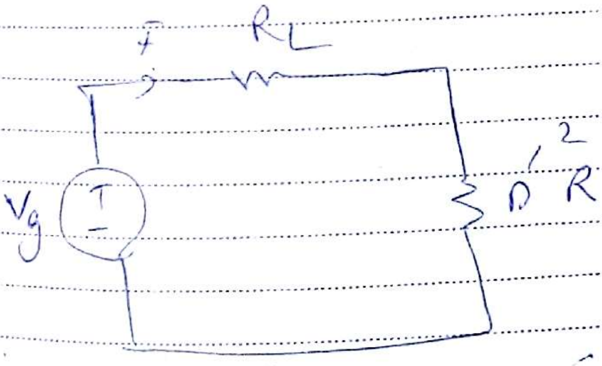
یک قانون بسیار بنیادی زندگی آن است که: اگر بترسی ، انرژی را به طرف مقابل می دهی تا تو را بیشتر بترساند.

... حمله نظامی آمریکا به ایران در طبس



$$V = \frac{V_g}{D'} \cdot \frac{R}{R + \frac{R_L}{D'^2}} = \frac{V_g}{D'} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_L}{D'^2 R}}$$

جریان ورودی $I = \dfrac{V_g}{R D'^2 + R_L} = \dfrac{V_g}{D'^2} \cdot \dfrac{1}{1 + \boxed{\frac{R_L}{R D'^2}}}$



Gain یک عامل کاهشی

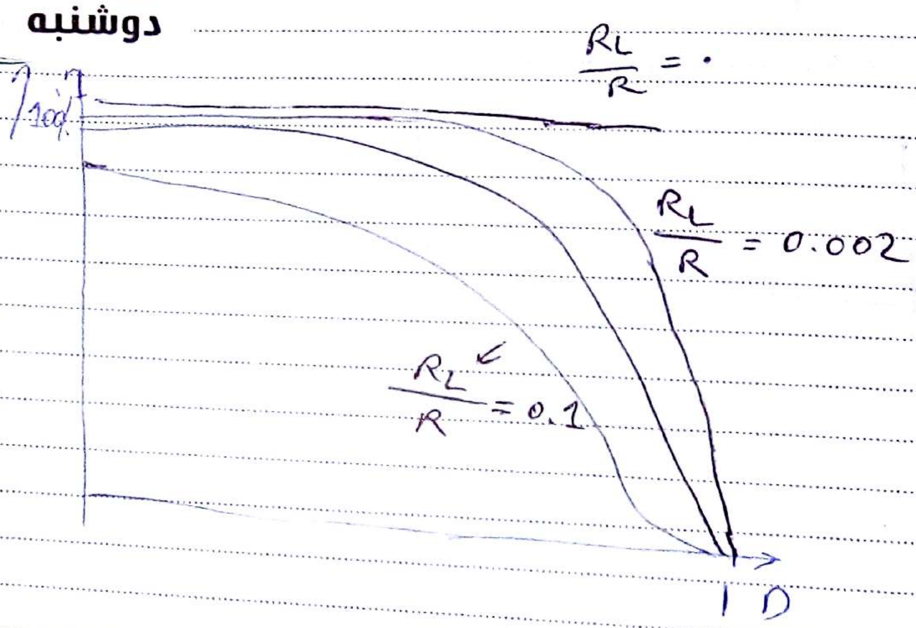
هرچه $\frac{R_L}{R}$ بیشتر باشد، این عامل کاهشی بیشتر، در نتیجه کاهش ولتاژ ناشی از $R_L$ بر ولتاژ خروجی بیشتر می‌باشد.

$P_{in} = V_g I \qquad P_{out} = V(D'I)$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{(V)(D'I)}{(V_g)(I)} = \frac{V}{V_g} D' = \frac{1}{1 + \boxed{\frac{R_L}{R}} \frac{1}{D'^2}}$$

انسان آگاه می داند که زندگی پیوسته در حال تغییر است؛ تنها یک چیز همیشگی است و آن خود تغییر است.

هرچه بیشتر شود، راندمان کمتری شود.

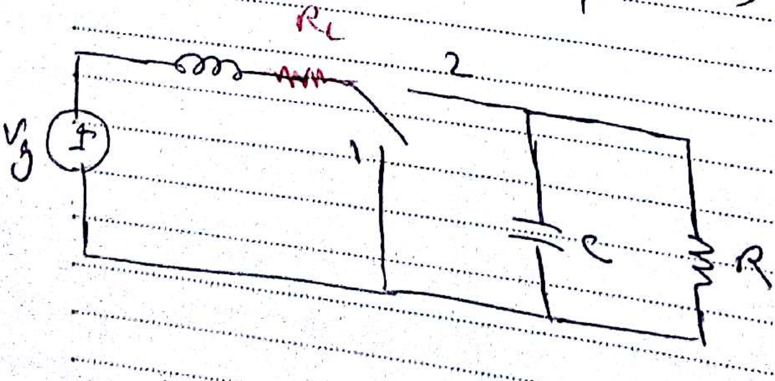


هرچه D افزایش ، راندمان کمتر

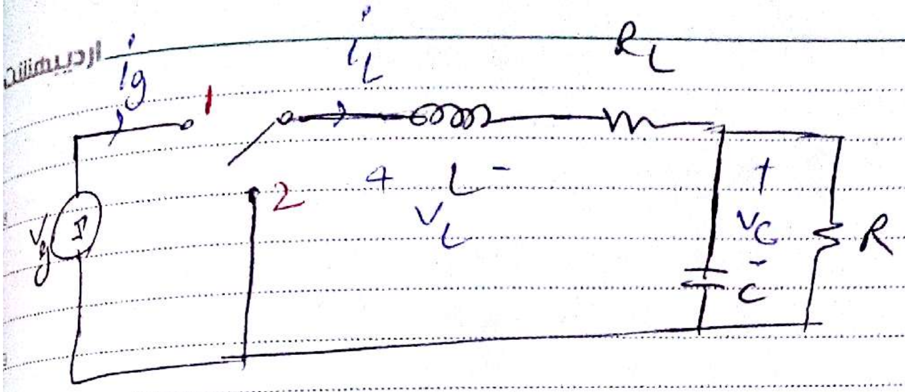
۱- زمان زیادی طول میکشه تا جریان بزرگ در سلف ایجاد بشه که تلفاتش اگه زیاد باشه،

جریان سلف زیاد هم نمیشه

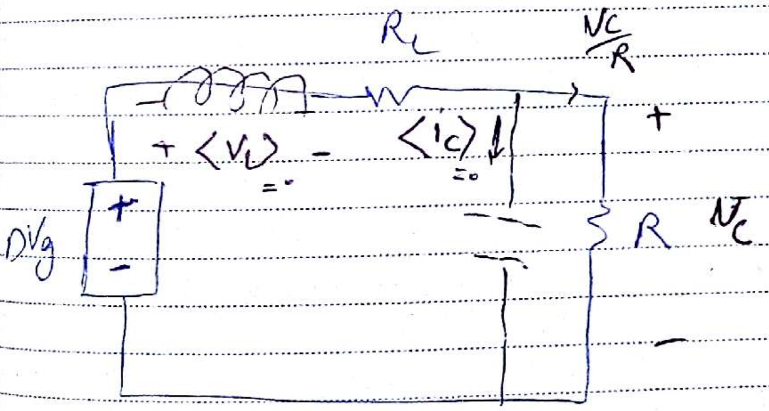
۲- زمان لازم برای ایجاد ولتاژ در خازن کم می باشد، بنابراین ولتاژ کمی در خازن ایجاد می شود



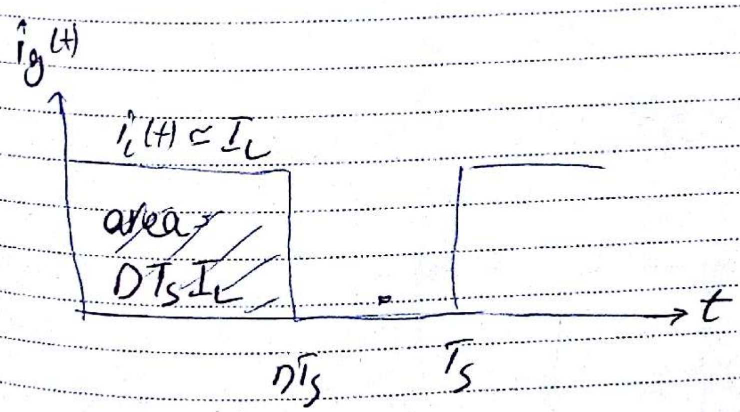
Buck :


$i_g$
1
$i_L$
$R_L$
2
+ L −
$v_L$
+
$v_C$
−
C
R
$V_g$

$$\langle v_L \rangle = 0 = D V_g - I_L R_L - V_C \qquad \langle i_C \rangle = 0 = I_L - \frac{V_C}{R}$$

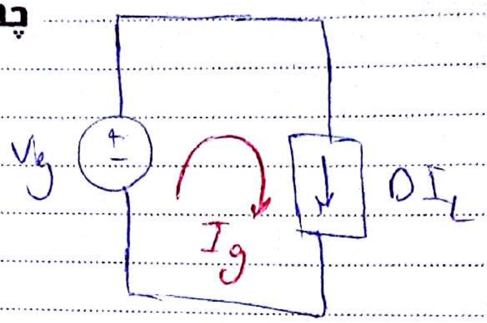

$R_L$
$\frac{V_C}{R}$
+
$\langle v_L \rangle = 0$
−
$\langle i_C \rangle = 0$
$DV_g$
+
−
R
$V_C$
−

نیاز به یک معادله دیگر داریم :

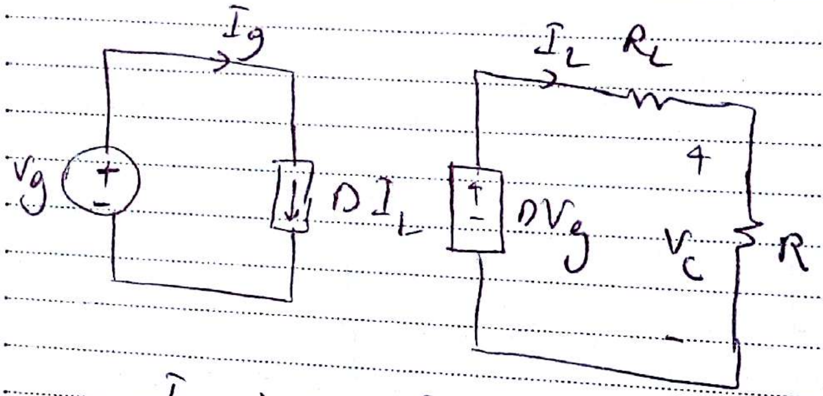


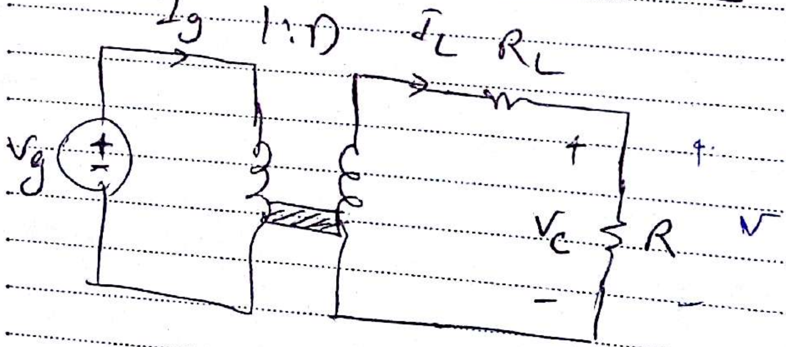
$$I_g = \frac{1}{T_s}\int_0^{T_s} i_g(t)\,dt = D I_L$$

دنیا آنقدر وسیع است که برای همه مخلوقات جا هست. به جای آن که جای کسی را بگیرید، تلاش کنید جای واقعی خودتان را بیابید.



معادله باک رسم ۱

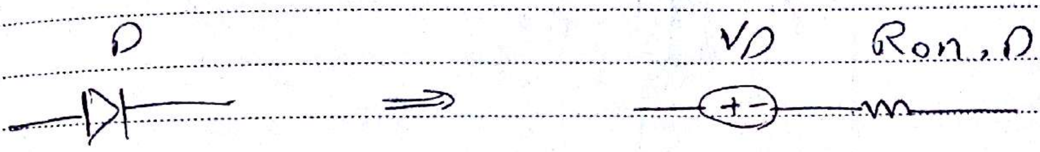

$I_g$
$V_g$
+
−
$DI_L$
$I_L$
$R_L$
+
−
$DV_g$
+
$V_C$
$R$
−

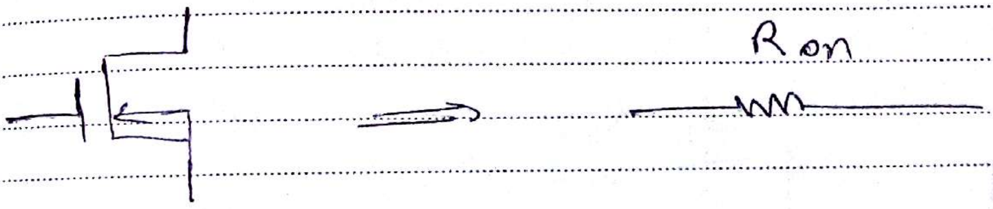

$I_g$
1:D
$I_L$
$R_L$
$V_g$
+
−
+
$V_C$
$R$
−
+
$V$
−

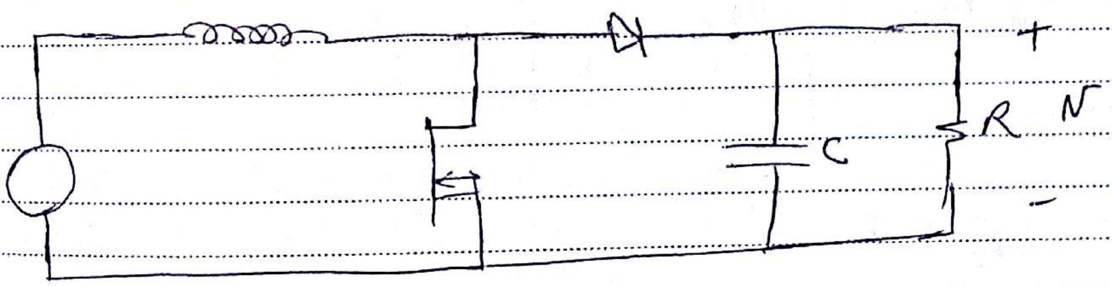
$$V = DV_g \frac{R}{R+R_L}$$

$$\frac{V}{V_g} = \frac{D}{1+\frac{R_L}{R}}$$

3.5 example







چون D یک عملگر اشتراکی است و متغیر است، بنابراین آن را بصورت منبع وابسته قرار می‌دهیم.

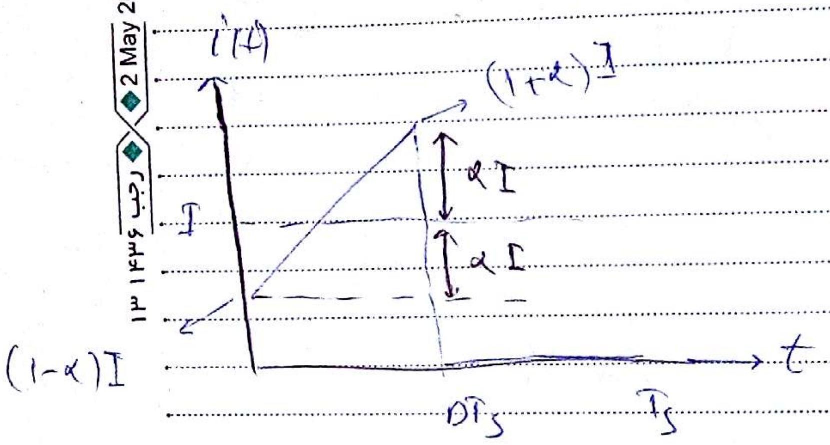
باید یک رابطه‌ای بین جریان سمت اولیه و ثانویه و ولتاژ اولیه و ثانویه را بدست آوریم.

$$\frac{V}{V_g} = \left(\frac{1}{D'}\right)\left(1-\frac{D' V_D}{V_g}\right)\left(\frac{1}{1+\frac{R_L}{}}\right)$$

اگر VD صفر و مقاومت‌های ناشی از سوئیچ و دیود صفر باشد حالت ایده‌آل می‌شود

Do your Best

حال اگر دیود روشن و مقاومت‌ها در مدار موجود داشته باشیم که ولتاژ آن‌ها معتبر ($\frac{V}{V_g}$) باشند می‌آید:



$\alpha = 0 \longrightarrow \Delta i = 0$

$\alpha = 0.1 \longrightarrow \Delta i = 0.2I$

$\alpha =$ [illegible] $\longrightarrow \Delta i = I$

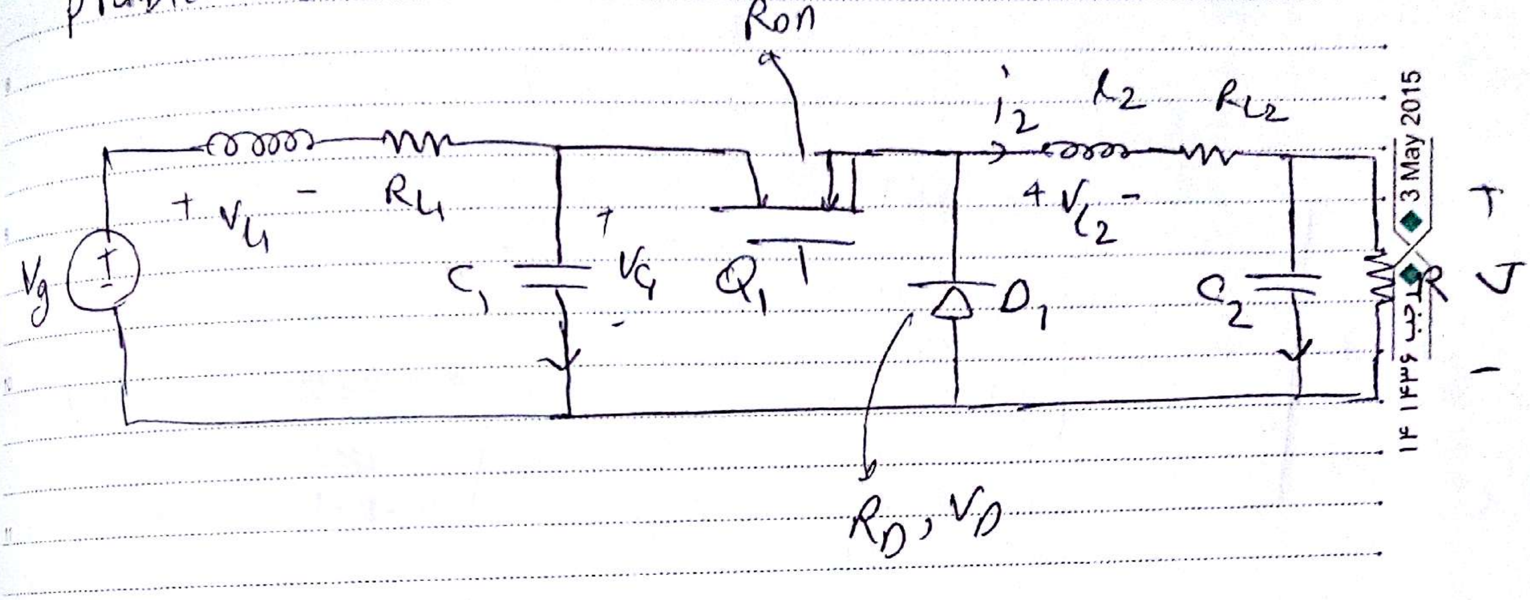
| $t$ | $i$ |
|---|---|
| $0$ | $I(1-\alpha)$ |
| $DT_s$ | $I(1+\alpha)$ |

$$\frac{i - I(1-\alpha)}{t-0} = \frac{2\alpha I}{DT_s}$$

$$i = \frac{2\alpha I}{DT_s}\, t + I(1-\alpha)$$

$$I_{rms}^2 = \frac{1}{T_s}\left[\int_0^{DT_s} i^2\, dt + \int_{DT_s}^{T_s} 0^2\, dt\right] \Rightarrow I\sqrt{D}\sqrt{1+\frac{\alpha^2}{3}} = I_{rms}$$

problem 3.3 :

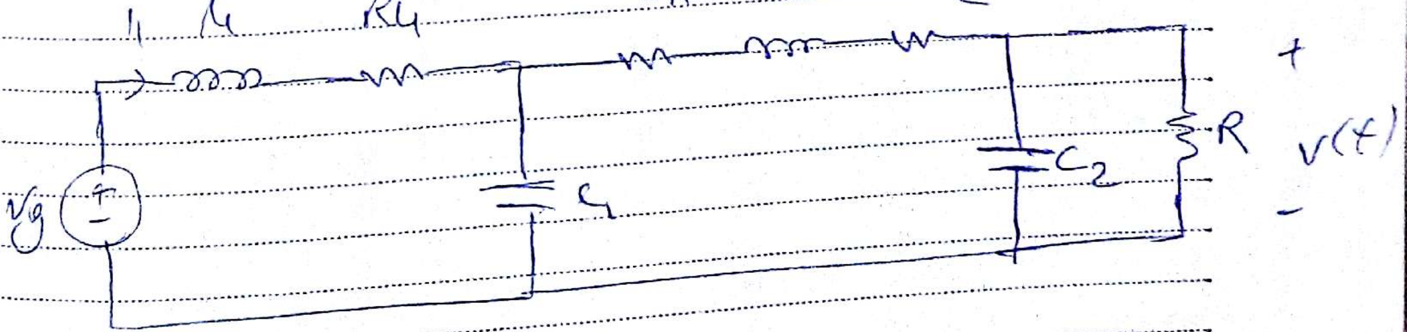

Ron
$i_2$
$L_2$
$R_{L_2}$
$V_g$
+ $V_{L_1}$ -
$R_{L_1}$
$C_1$
+ $V_{C_1}$ -
$Q_1$
+ $V_{L_2}$ -
$D_1$
$C_2$
R
+
V
-
$R_D$ , $V_D$

a. DC Transfor model ?

b. $V/V_g$ ?

c. $\eta$ ?

a.


$i_1$
$L_1$
$R_{L_1}$
Ron
$L_2$
$R_{L_2}$
$V_g$
$C_1$
$C_2$
R
+
v(t)
-

SRA:

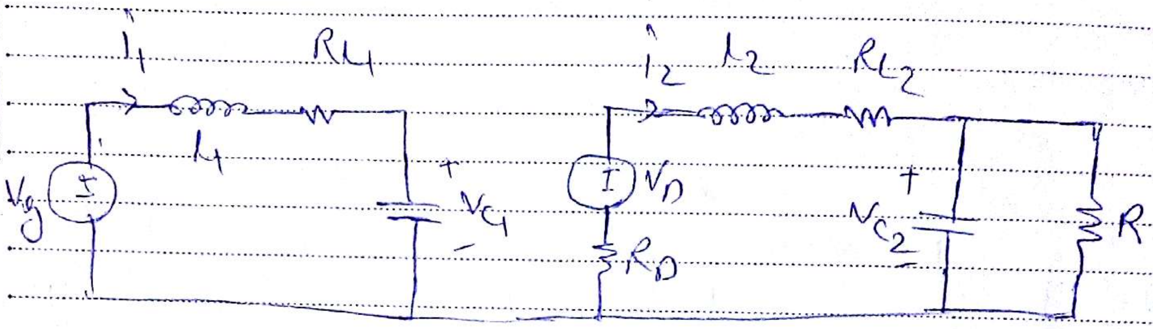
$$V_{L_1} = V_g - R_{L_1} \bar{I}_1 - V_{C_1}$$

$$V_{L_2} = V_{C_1} - R_{on} I_2 - R_{L_2} I_2 - V$$

فرصت ها همیشه موجودند ، این ما هستیم که بایستی آنها را ببینیم و از آنها استفاده کنیم

$$i_{C_1} = I_1 - I_2$$

$$i_{C_2} = I_2 - V/R$$



$$V_{L_1} = V_g - R_{L_1} I_1 - V_{C_1}$$

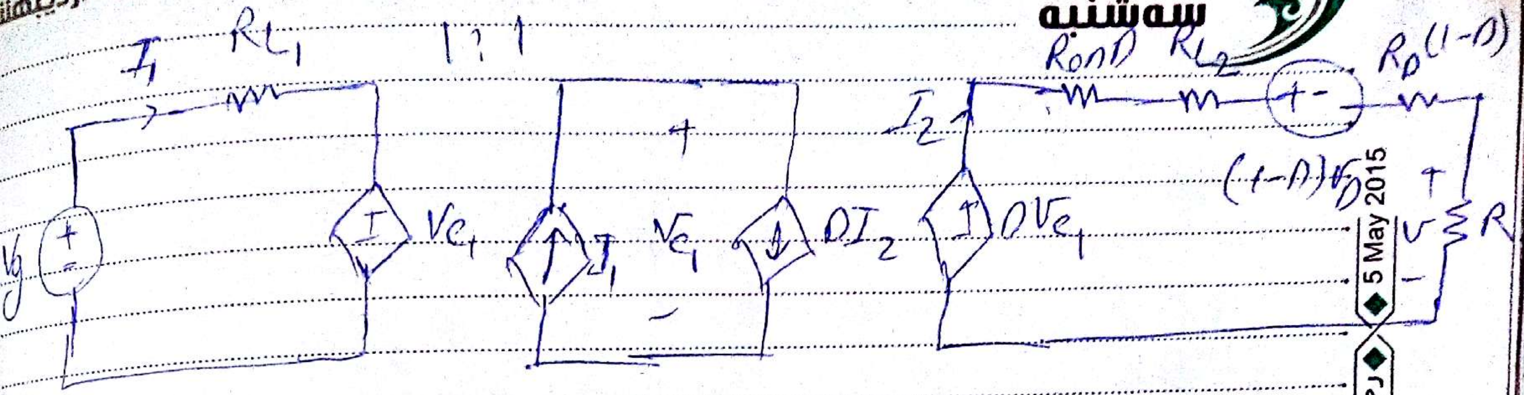
$$V_{L_2} = -V_D - R_D I_2 - R_{L_2} I_2 - V$$

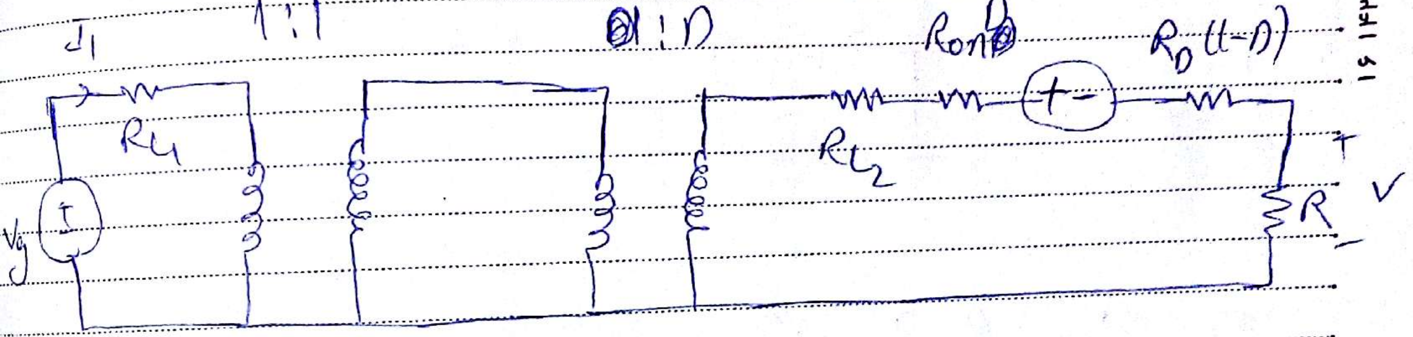
$$i_{C_1} = I_1$$

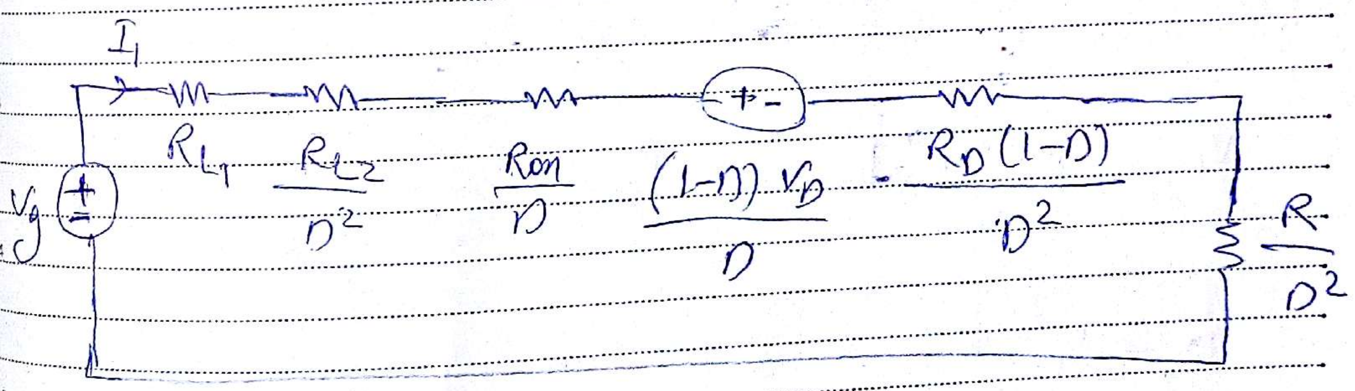
$$i_{C_2} = I_2 - V/R$$

$$\text{Volt-Second}\begin{cases} V_g - R_{L_1} I_1 - V_{C_1} = 0 \\ D(V_{C_1} - R_{on} I_2 - R_{L_2} I_2 - V) + (1-D)(-V_D - R_D I_2 - R_{L_2} I_2 - V) \end{cases}$$

$$\text{Amp-second}\begin{cases} D(I_1 - I_2) + (1-D)(I_1) = 0 \Rightarrow I_1 = D I_2 \\ I_2 - V/R = 0 \rightarrow I_2 = V/R \end{cases}$$


$I_1$
$R_{L_1}$
1:1
$V_g$
+
−
I
$V_{C_1}$
+
$J_1$
$V_{C_1}$
−
$DI_2$
$I_2$
$R_{on}D$
$R_{L_2}$
+ −
$R_D(1-D)$
$(1-D)V_D$
$DV_{C_1}$
+
$V$
$R$
−


$I_1$
1:1
1:D
$R_{on}D$
$R_D(1-D)$
$R_{L_1}$
+ −
$R_{L_2}$
$V_g$
+
$R$
$V$
−


$I_1$
$R_{L_1}$
$\frac{R_{L_2}}{D^2}$
$\frac{R_{on}}{D}$
+ −
$\frac{(1-D)V_D}{D}$
$\frac{R_D(1-D)}{D^2}$
$V_g$
+
−
$\frac{R}{D^2}$

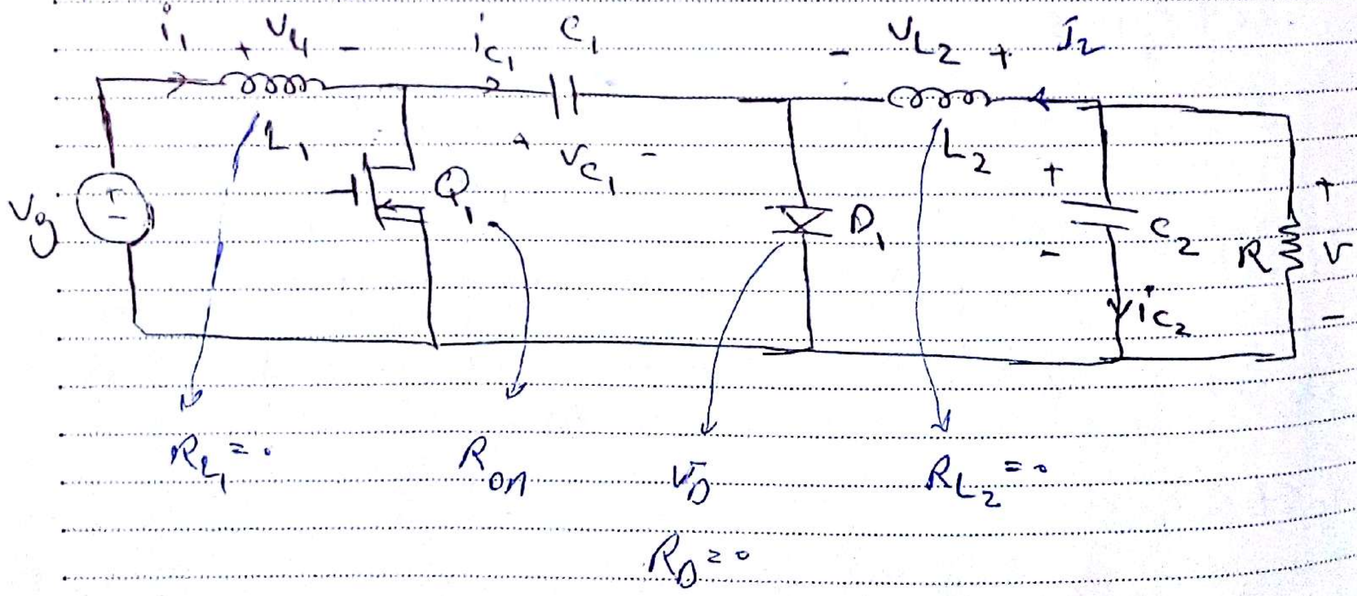
$$V = DV_g\left(1-\frac{(1-D)V_D}{DV_g}\right)\frac{\frac{R}{D^2}}{\frac{R}{D^2}+R_{L_1}+\frac{R_{L_2}}{D^2}+\frac{R_{on}}{D}+\frac{R_D(1-D)}{D^2}}$$

$$\text{High Gain}\begin{cases}\dfrac{DV_g}{1-D} \gg V_D\\[2ex] \dfrac{R}{D^2} \gg R_{L_1}+\dfrac{R_{L_2}}{D^2}+\dfrac{R_{on}}{D}+\dfrac{R_D(1-D)}{D^2}\end{cases}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{\frac{V}{D} \times I_1}{V_g I_1} = \frac{V}{V_g} \times \frac{1}{D} =$$

$$\left(1 - \frac{(1-D)V_D}{DV_g}\right) \frac{R/D^2}{R/D^2 + R_{L_1} + \frac{R_{L_2}}{D^2} + \frac{R_{on}}{D} + \frac{R_D(1-D)}{D^2}}$$

problem 3-8 :


$i_1$
+ $V_{L_1}$ −
$i_{C_1}$
$C_1$
− $V_{L_2}$ +
$I_2$
$L_1$
$Q_1$
+ $V_{C_1}$ −
$V_g$
$D_1$
$L_2$
+
$C_2$
−
$i_{C_2}$
$R$
+
$V$
−
$R_{L_1} = 0$
$R_{on}$
$V_D$
$R_{L_2} = 0$
$R_D = 0$

a. Derive the DC Transformer model of cuk converter!

b. Derive $V/V_g$ & $\eta$ ?

c. plot $V/V_g$ for $V_D = 0$ over $D \in [0,1]$ for

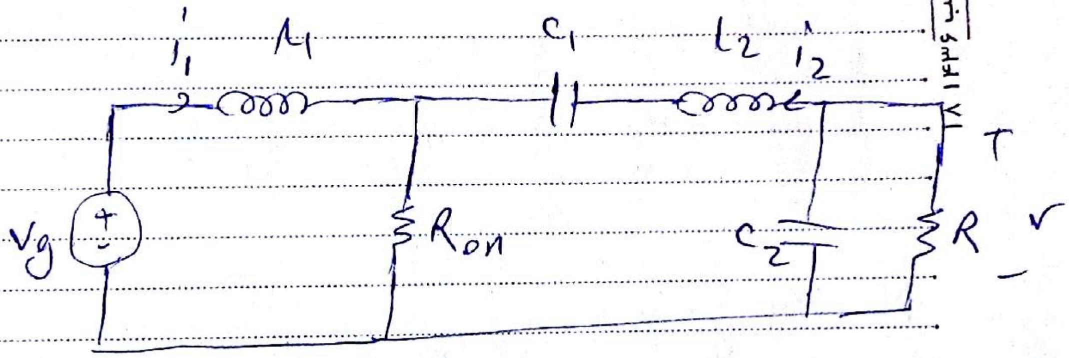
$\frac{R_{on}}{R} = 0.01$ , $\frac{R_{on}}{R} = 0.05$ ?

a.

$Q_1 : ON$

$D_1 : OFF$

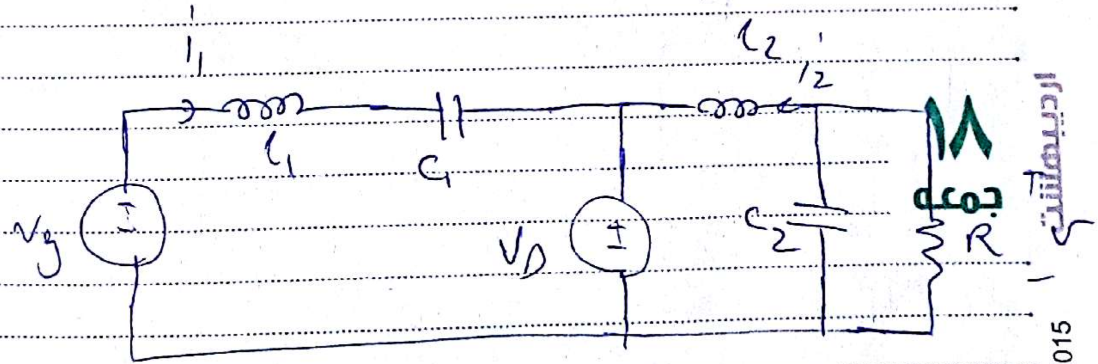
$0 < t < DT_s$


$i_1$
$L_1$
$C_1$
$L_2$
$i_2$
$V_g$
+
$R_{on}$
$C_2$
$R$
+
$V$
-

$Q_1 : OFF$

$D_1 : ON$

$DT_s < t < T_s$


$i_1$
$L_1$
$C_1$
$L_2$
$i_2$
$V_g$
$V_D$
$C_2$
$R$
+
-

SRA!

1 [illegible]

$$\begin{cases} V_{L_1} = V_g - R_{on}(I_1 + I_2) \\ V_{L_2} = V + V_{C_1} - R_{on}(I_1 + I_2) \\ i_{C_1} = -I_2 \\ i_{C_2} = -I_2 - V/R \end{cases}$$

2 حالت :

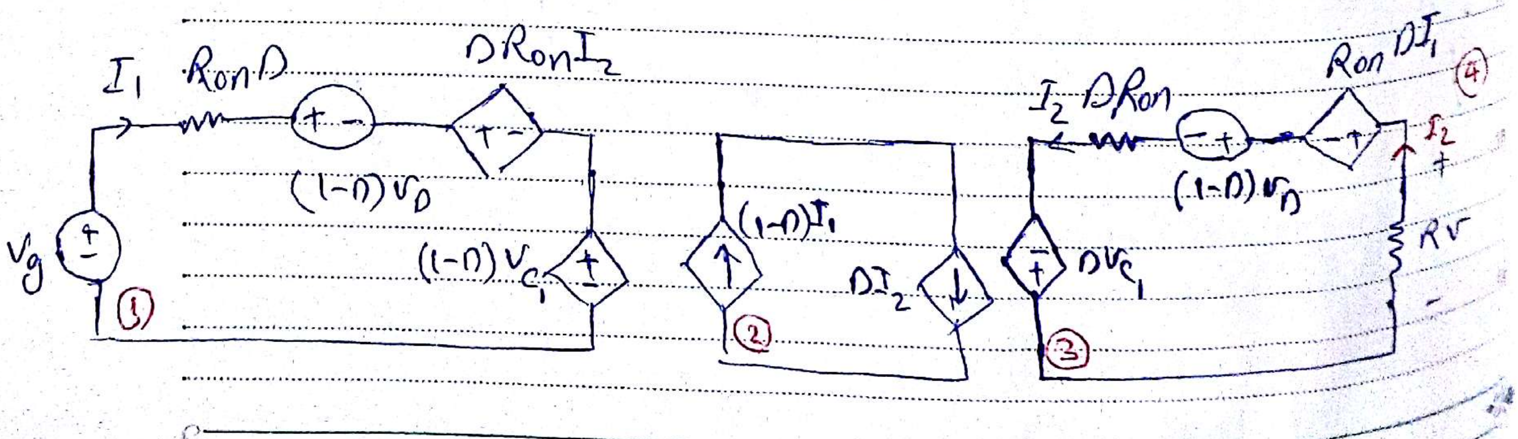
$$\begin{cases} v_{L_1} = V_g - v_{C_1} - V_D \\ v_{L_2} = V - V_D \\ i_{C_1} = I_1 \\ i_{C_2} = -I_2 - V/R \end{cases}$$

volt - second :

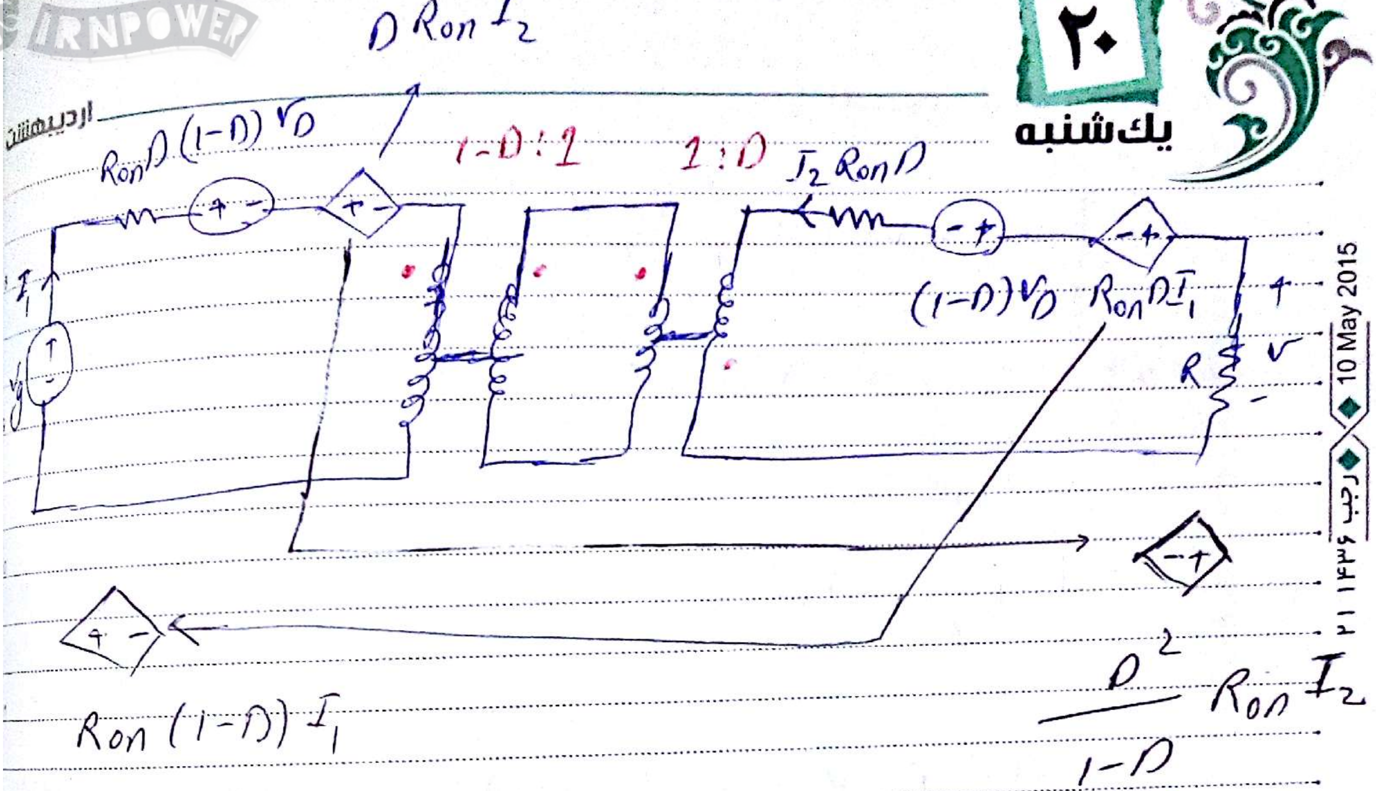
$$\begin{cases} ① \quad D\left(V_g - R_{on}(I_1 + I_2)\right) + (1-D)\left(V_g - V_{C_1} - V_D\right) = 0 \\ ③ \quad D\left(V + V_{C_1} - R_{on}(I_1 + I_2)\right) + (1-D)\left(V - V_D\right) = 0 \end{cases}$$

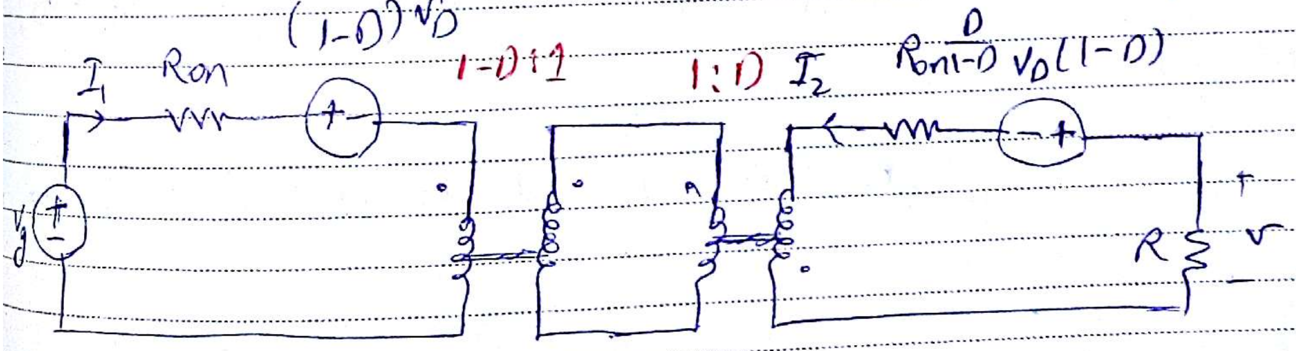
Amp. Second :

$$\begin{cases} ② \quad D\left(-I_2\right) + (1-D)\left(I_1\right) = 0 \\ ④ \quad D\left(-I_2 - V/R\right) + (1-D)\left(-I_2 - V/R\right) = 0 \end{cases}$$


$I_1$
$R_{on}D$
$DR_{on}I_2$
$(1-D)V_D$
$V_g$
$(1-D)V_{C_1}$
①
$(1-D)I_1$
$DI_2$
②
$I_2$
$DR_{on}$
$R_{on}DI_1$
④
$I_2$
$(1-D)V_D$
$DV_{C_1}$
$RV$
③

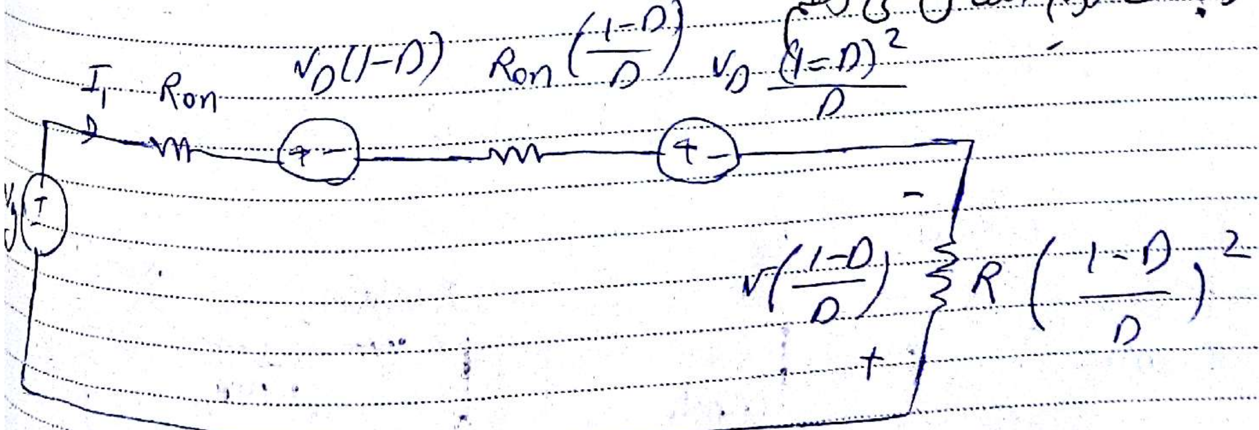
چون وقت ندارم حل نکردیم ، فقط مدارها را می نویسیم .


D Ron I_2
Ron D (1-D) V_D
1-D : 1
1 : D
I_2 Ron D
I_1
V_g
+
-
(1-D) V_D
Ron D I_1
+
V
-
R
Ron (1-D) I_1
D^2 / (1-D) Ron I_2

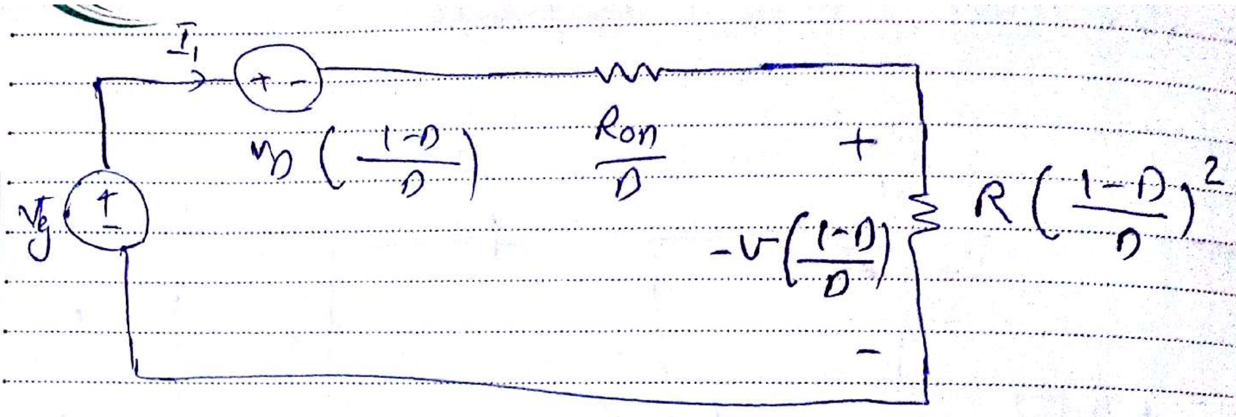

(1-D) V_D
I_1
Ron
1-D : 1
1 : D
I_2
Ron D/(1-D)
V_D (1-D)
V_g
+
V
R

b.

همه را به سمت اولیه انتقال می دهیم


I_1
Ron
V_D (1-D)
Ron ((1-D)/D)
V_D (1-D)^2/D
V_g
-
V((1-D)/D)
R ((1-D)/D)^2
+

هر چه بیشتر مثبت باشید انرژی بیشتری جذب می کنید


$I_1$
+ −
$V_D\left(\frac{1-D}{D}\right)$
$\frac{R_{on}}{D}$
+
$-V\left(\frac{1-D}{D}\right)$
−
$R\left(\frac{1-D}{D}\right)^2$
$V_g$
+
−

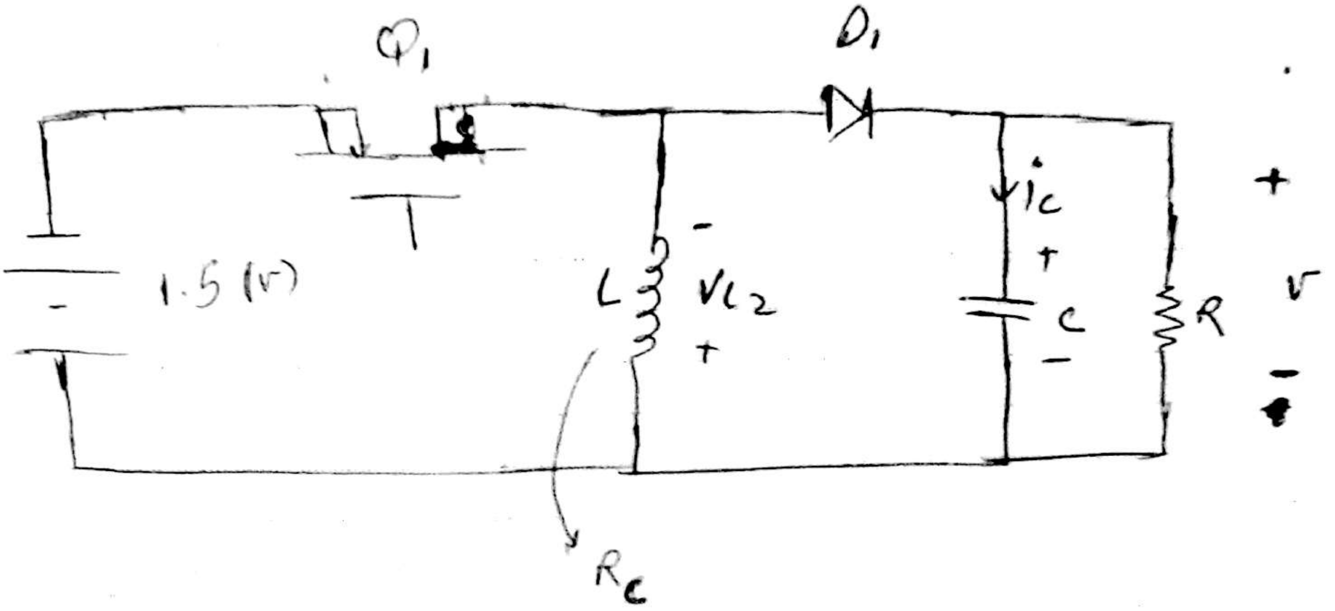
$$-V\left(\frac{1-D}{D}\right) = \left[V_g - V_D\left(\frac{1-D}{D}\right)\right]\frac{R\left(\frac{1-D}{D}\right)^2}{R\left(\frac{1-D}{D}\right)^2 + \frac{R_{on}}{D}}$$

$$\frac{V}{V_g} = \left(\frac{-D}{1-D}\right)\left[1 - \frac{V_D}{V_g}\left(\frac{1-D}{D}\right)\right]\frac{1}{1+\frac{R_{on}/D}{R\left(\frac{1-D}{D}\right)^2}}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V I_2}{V_g I_1} = \frac{V}{V_g}\cdot\frac{1-D}{D}$$

$$\eta = \left| -\left[1 - \frac{V_D}{V_g}\right]\frac{1}{1+\frac{R_{on}/D}{R\left(\frac{1-D}{D}\right)^2}}\right|$$

problem 3.4:          Buck Boost



$Q_1$: $R_{on} = 0.35\,(m\Omega)$

$D_1$: $R_D = 0$ , $V_D = 0.5\,(v)$

a. Drive DC Transformer model of Buck-Boost?

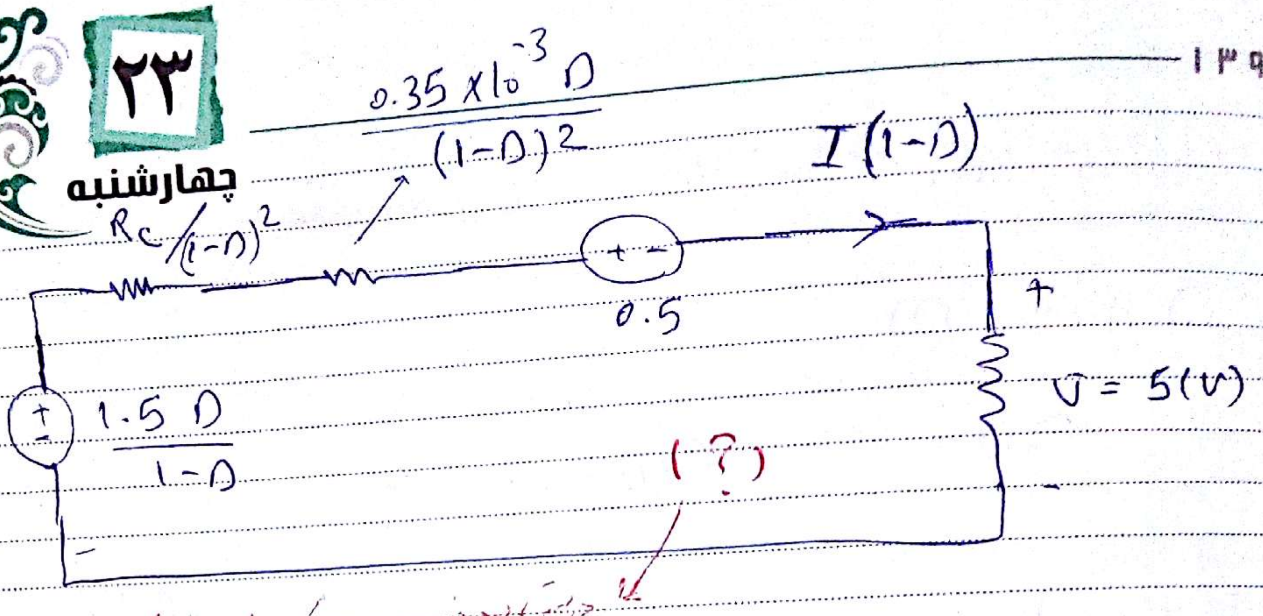
b. Desirable: $\eta \geq 70\%$ under $v_g = 1.5v$, $v = 5v$, $\underset{\text{load}}{\overline{1\,A}}$

مطلوب است

How large $R_c$ can be designed?

هرچه Rc کمتر، راندمان بیشتر

a:


$\frac{0.35\times10^{-3}D}{(1-D)^2}$
$R_c/(1-D)^2$
$I(1-D)$
+ −
0.5
+
$V=5(V)$
−
+
−
$\frac{1.5D}{1-D}$
−
(?)

جریان بیرون باید حل شود ([illegible])

$g(R_c, D)$

b.

$$\left[DV_g - V_D(1-D)\right]\boxed{\frac{R(1-D)^2}{R(1-D)^2+R_c+DR_{on}}} = v(1-D)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{vI(1-D)}{V_g DI} = \frac{DV_g - V_D(1-D)}{DV_g}\,\frac{R(1-D)^2}{R(1-D)^2+R_c+DR_{on}}$$

$$\eta \geq 70\% \Rightarrow \frac{\eta}{\text{جمله اول}} \geq \frac{70\%}{v(1-D)} \Rightarrow D \leq 0.826$$

$$(2D-0.5)\,g(R_c,D) = 5(1-D)$$

$$g(R_c,D) = \frac{5(1-D)}{2D-0.5}$$

مشتق تغییرات نسبت به D همیشه منفی می باشد

$$\frac{\partial g(R_c, D)}{\partial D} = \frac{-7.5}{(2D-0.5)^2} < 0$$

$$g(R_c, D) \Big| \quad = 0.755 = \frac{\underset{}{\overset{5\Omega}{R}}(1-\overset{0.826}{D})^2}{\underset{5\Omega}{R}(1-D)^2 + R_c + D\underset{0.35\times10^{-3}}{R_{on}}}$$

$D = 0.826$

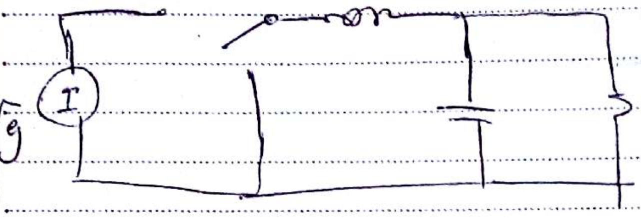
$R_c = 48.8\ m\Omega$

لغو امتیاز تنباکو به فتوای آیت ا.. میرزا حسن شیرازی -شهادت امام موسی کاظم (ع)(۱۸۳ هـ ق)

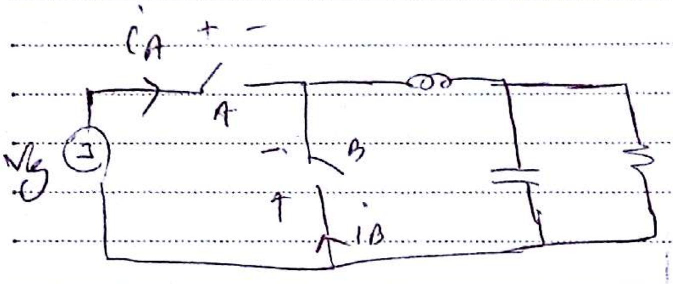
چون که نسبت تابع بالا نزولی است، بنابراین ما کمترین مقدار را بدست می آوریم، که می شود

بیشترین مقدار $R_c$

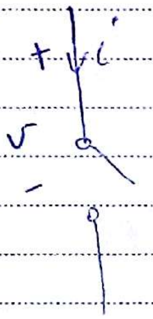
فصل 5 switch Realization

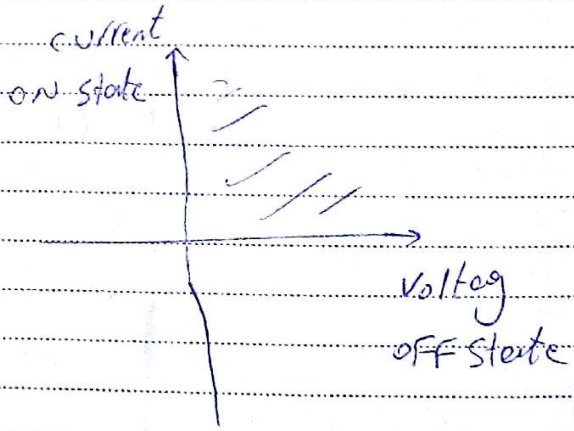


دو حالت



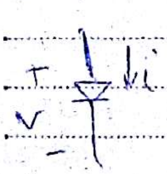
(هر دو روشن نمی‌شو ) 4 حالت

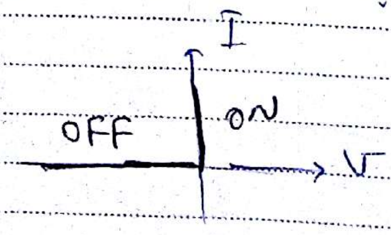


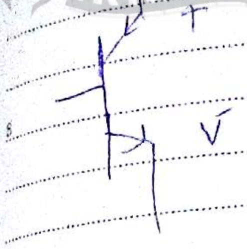

current
on state
voltag
off state

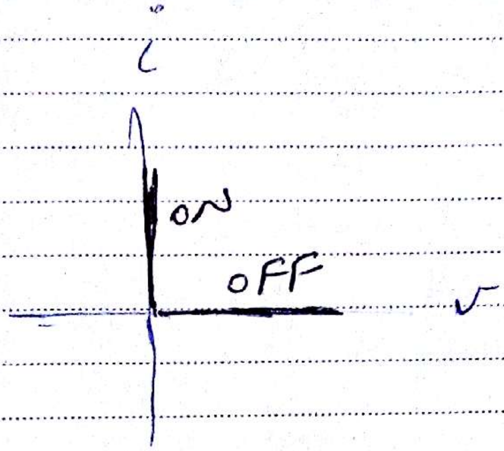
سوئیچ ایده‌آل: ما هر زمان قطع و وصل می‌کنیم

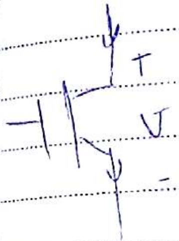
دیود: ما نمی‌توانیم فرمان بدهیم ، بلکه حالت ولتاژ و جریان آن باید به این صورتی برسد تا روشن شود یا خاموش گردد.

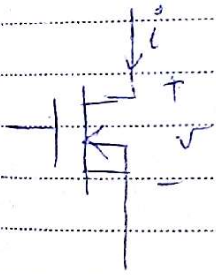


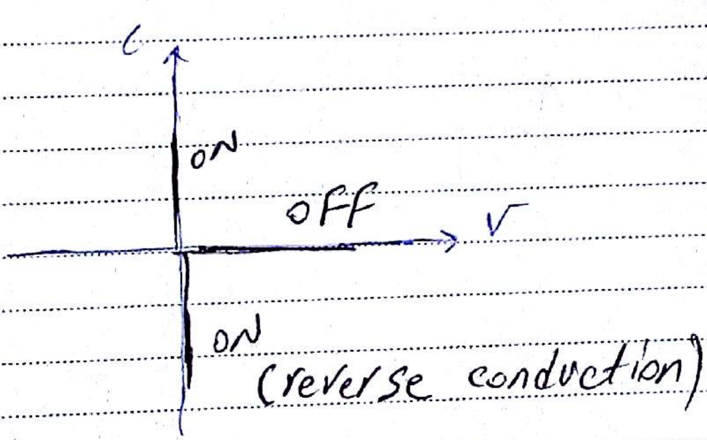


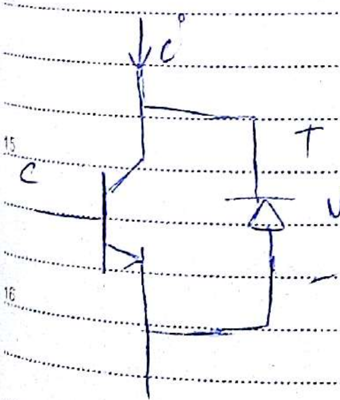


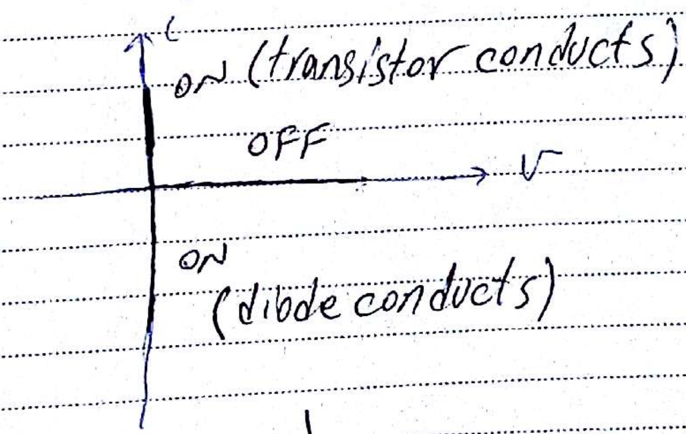






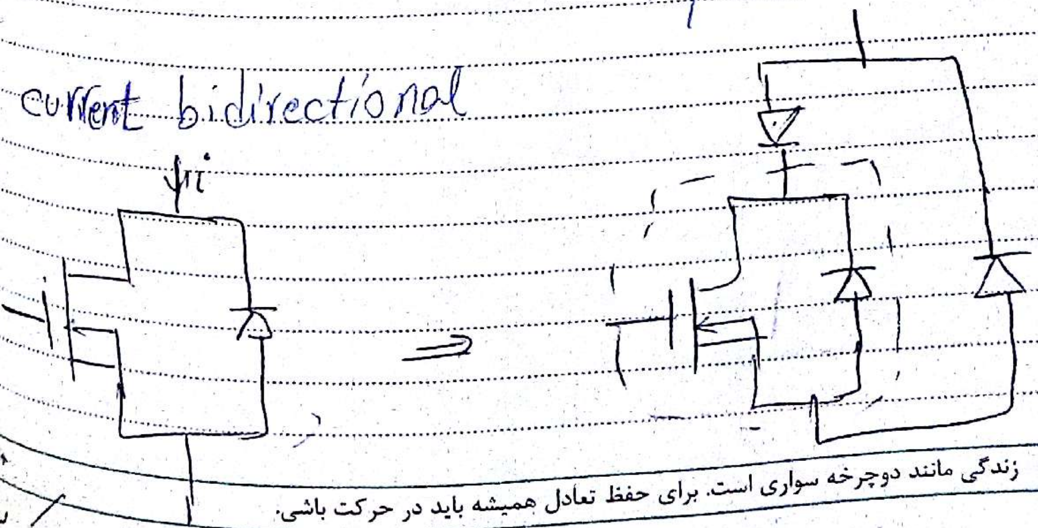


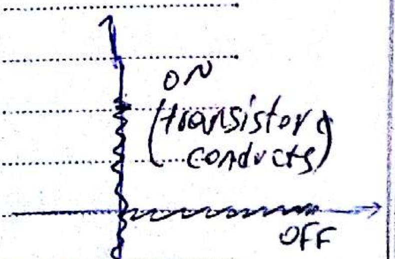




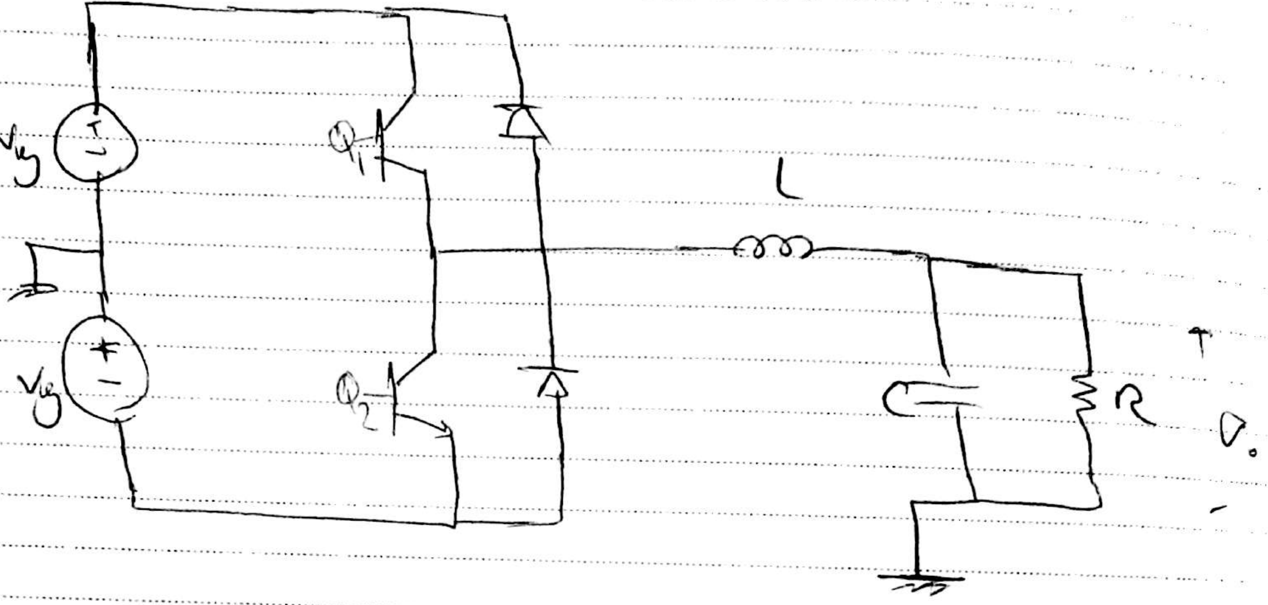
سوئیچ
converter

current bidirectional





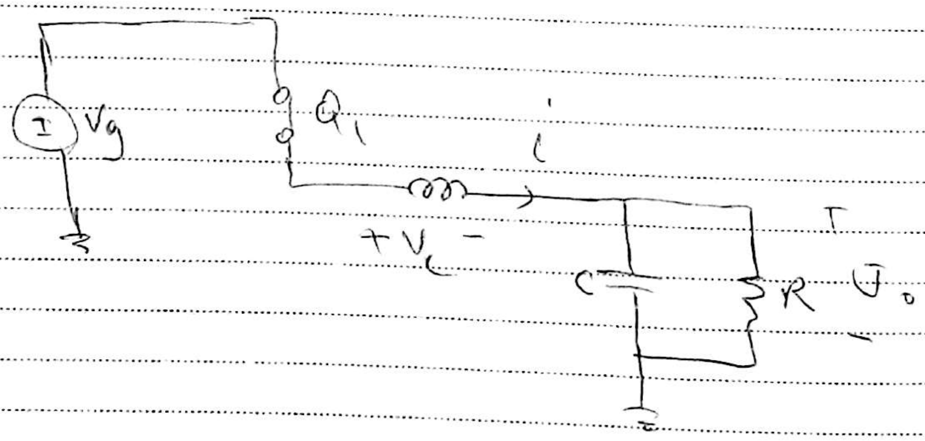
مرحله انتقال در زمان عملکرد بین
mos و دیود


Vg
+
-
Vg
+
-
Q1
Q2
L
C
R
+
Vo
-

SRA

1) Q1 : ON

Q2 : OFF


Vg
Q1
i
+ VL -
C
R
+
Vo
-

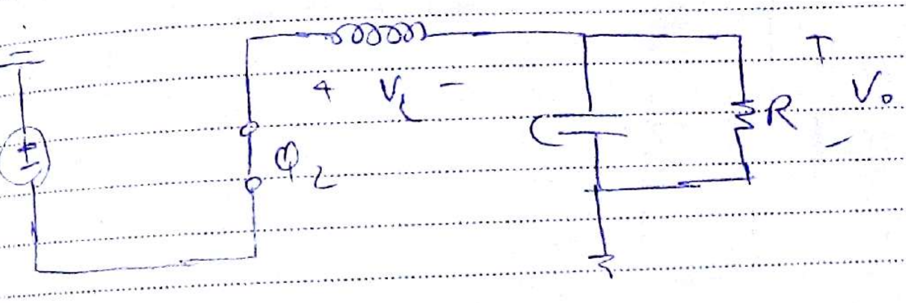
$v_L = v_g - v_o$

$i_C = i - v_o/R$

اگر می خواهید به کوه اورست صعود کنید، باید تیمی به عظمت کوه اورست در دست داشته باشید.
حکیم عمر خیام

2. $Q_1$ : OFF

$Q_2$ : ON



$V_L = -V_g - V_o$

$D(V_g - V_o) + (1-D)(-V_g - V_o) = 0 \Rightarrow (2D-1)V_g - V_o = 0$

$V_o = (2D-1)V_g$ , $V_o = V_m \sin(\omega t)$

$(2D-1) = \frac{V_m}{V_g} \sin \omega t$

$D = 0.5\left(1 + \frac{V_m}{V_g} \sin \omega t\right)$

if $= \frac{V_m}{V_g} \Rightarrow 0 < D = 0.5(1 + \sin \omega t) < 1$

تنظیم D ⟵ تنظیم عرض پالس

$\Rightarrow V_o = V_g \sin \omega t$

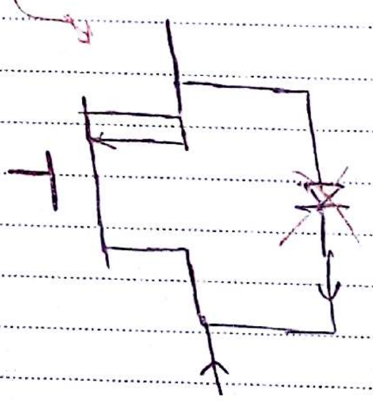
اگر ولتاژ در خروجی باشد، نقش پیوستگی جریان را دارد و اگر جریان در خروجی باشد

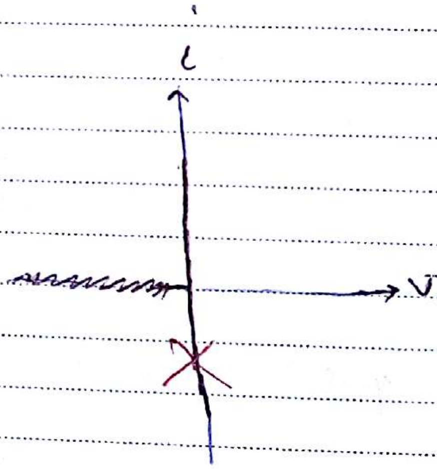
نقش پیوستگی در ولتاژ خروجی را دارد (به صورت ایده‌آل شیب تغییرات آن

خطی است)

Drain conected :

نکته :



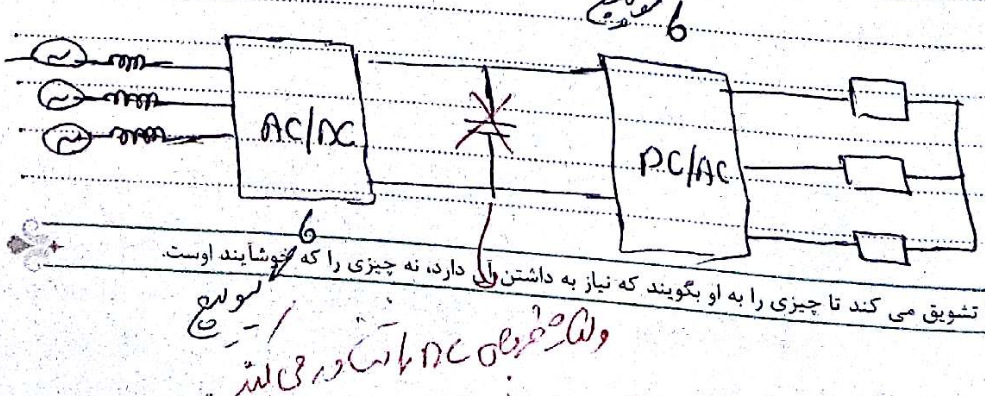


چون دیود معکوس پایین است، می‌آیند از اتصال Drain conected استفاده می‌کنند.

four - quadrant

در حالت قطع، هم ولتاژ منفی را تحمل می‌کند، هم ولتاژ مثبت

در حالت وصل، هم جریان منفی را عبور می‌دهد، هم جریان مثبت



ولتاژ خروجی DC را تشکیل می‌کند

C ولتاژ DC ثابت به ما می‌دهد

رهبر خوب، پیروان خود را تشویق می کند تا چیزی را به او بگویند که نیاز به داشتن آن دارد، نه چیزی را که خوشآیند اوست.

هدف ما در طراحی سلول با مقاومت حالت هدایت سوییچ را کم کنیم

و ولتاژ قطع را افزایش دهیم.

بدون آن کار می‌شد

روی میدان کار می‌کند

switches { Ron (Electrical field)c ↓ + V −

V (conductivity modulated)

پیروسی طولانی

Ron MOSFET

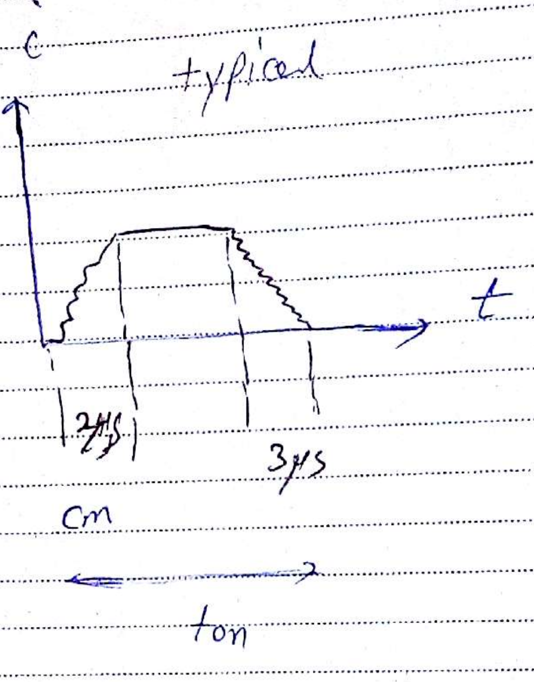
V BJT , Diode , SCR

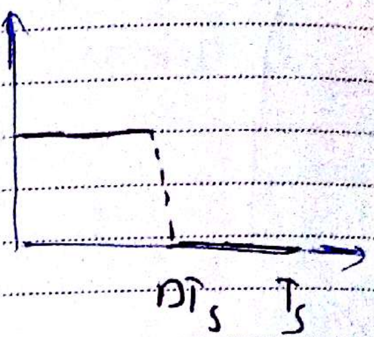
minority carrier (الکترون و یون مثبت) با CM مرتبط است.

majority carrier با Electrical field مرتبط است.

Erikson کتاب

فصل 6 :





limited switching Frequeny ⟵ majority carrier

IGBT: فرکانس محدود ولی نه به اندازه mosfet با ترانزیستورها دیر قطع می شه

turning_off (~~Recovery~~ reverse . recovery

slide 4

1- دیود معمولی

2- حجمه که مثلا یک دیود در حال روشن شدن

Qr: reverse recovery charge

3- دیود در حال کار کردن

4- اتفاق در داخل مدار [illegible] حال [illegible] پیدا می کند.

5- خاموش [illegible] عبور [illegible] [illegible] حال ریکاوری

Diode
- 35ns - 60ns ultra-fast
- 400 ns fast
- 3 μs slow

.11.

session 6

اثرات قطع دیود در سوییچ:

دیود در حالت قطع، از خود جریان در حالت معکوس عبور می دهد. که این جریان توسط سوییچ در این مدت زمان تأمین می شود. این عمل باعث افزایش تلفات سوییچ می شود.

تلفات سوییچ
1- زمان روشن شدن
2- زمان هدایت
3- زمان خاموش شدن

← دیودهای شاتکی: عملکرد سریع مثل ماسفت، اما ولتاژ آن محدود می باشد.

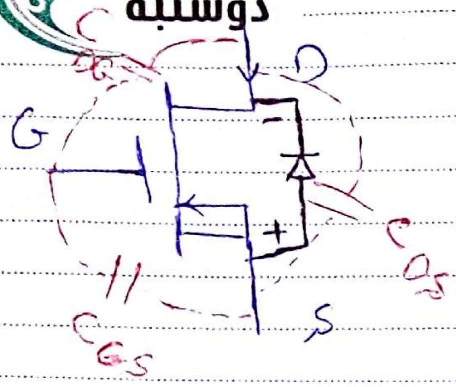
Ron (minority) (دیود) بالا، فرکانس های پایین کاربرد دارند ← مقاومت سیم را خاموشی می دهد

Ron (majority) (شاتکی) پایین، فرکانس های بالا کار می کنند (100kHz)

انسان موفق کسی است که شکست می خورد، اما خود را شکست خورده نمی داند.
فتح خرمشهر در عملیات بیت المقدس(۱۳۶۱هـ ش) وروز مقاومت،ایثار و پیروزی - ولادت امام زین العابدین (ع)(۳۸ هـ ق)

← باعث افزایش مقاومت می شود، با علامت خود نتوان ولتاژ بالا توسط آنها ایجاد کرد، نامناسب

۱۴



- : Source + : Drain

وصل شدن قطب - به Drain شود، یا قطب + به source شده، این عمل باعث می‌شود که MOSFET در حالت reverse بماند.

گیت یک لایه‌ی فلزی می‌باشد.

اگر به Gate یک ولتاژ قابل قبول بدهیم، به دلیل اختلاف پتانسیل بین Gate و source، یک کانال هدایتی بین drain و source ایجاد می‌شود.

هرچه ولتاژ بین Gate و source بیشتر باشد، بهتر است برای MOSFET.

اگر میدان بین source و Gate را افزایش دهیم، باعث قطع MOSFET می‌شود.

MOSFET، دیود شاتکی، majority هستند و به صورت جریانی عمل می‌کنند. بقیه عناصر با این‌ها تفاوت دارند و minority می‌باشند.

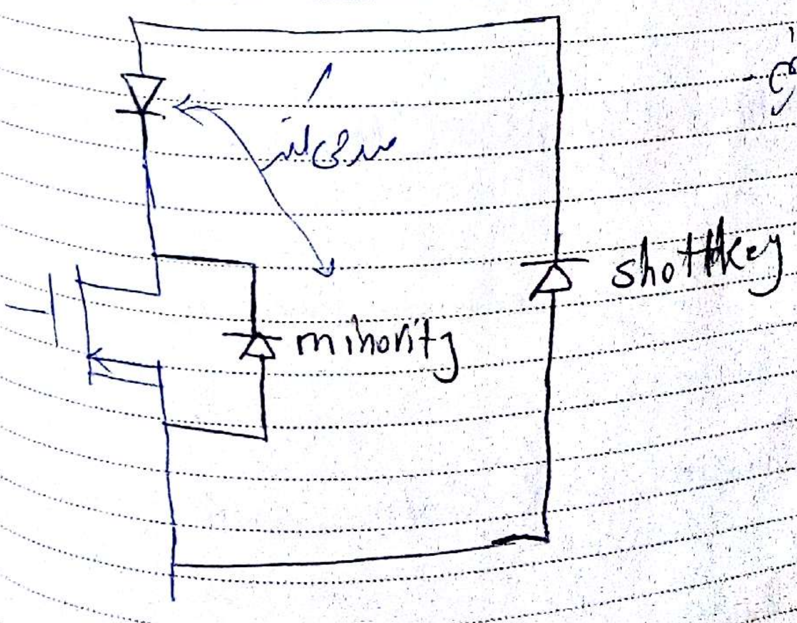
اگر + : source    - : drain

باعث forward bias می‌شود، مانند یک دیود عمل می‌کند.

$V_{ds} > 0$ → majority carriers

$V_{ds} < 0$ → minority carriers

اگر بخواهیم سوییچ را قطع کنیم



minorityها باید carrierها بوجود آورند تا روشن شوند، بعد باید آن را از بین ببرند، تا خاموش شود ← باعث تاخیر می شود.

56-p21

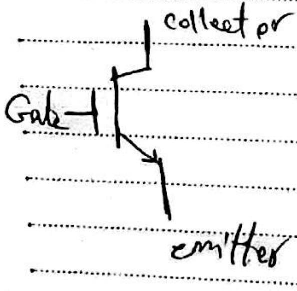
فرق IGBT و MOSFET، یک لایه چهارم P می باشد. mines

اگر ولتاژ گیت به امیتر مثبت شود، باعث می شود که لایه P مثبت وارد n شود

و در سوئیچ ترانزیستور pnp تشکیل می شود.

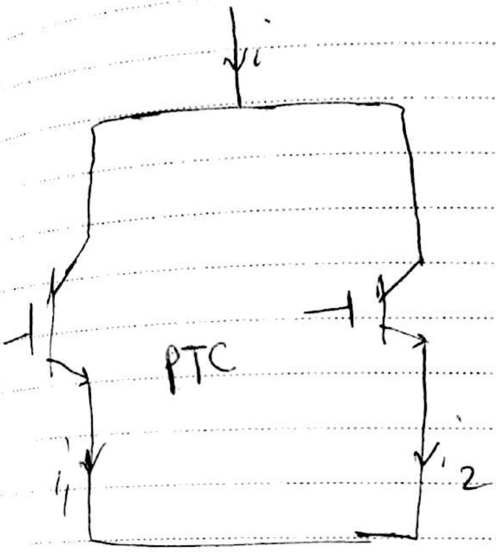
در IGBT، هم minority داریم هم majority (MOSFET)

وجود Minority در IGBT، باعث کاهش Ron در مسیر می شود



مزیت IGBT: positive Tempeture coefficient

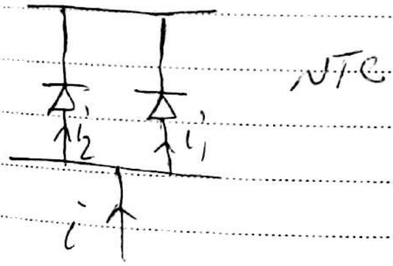
هر چه جریان بیشتری بگذرد، تلفات بیشتر ← مقاومت مسیر بیشتر



اگر $i_1 > i_2$ ، مقاومت مسیر $i_1$ زیاد شده

و باعث می شود که تعادل جریان بین دو مسیر برقرار

گردد



اگر $i_1 > i_2$ ← مقاومت مسیر $i_1$ کمتر ←

جریان $i_2$ زیاد می شود و تعادل جریان ایجاد نمی شود.

سرعت عملکرد IGBT از MOSFET کمتر است، چون در آن ترانزیستور وجود دارد.

MOSFET فقط کار میدانی انجام می دهد اما ترانزیستور علاوه بر کار میدانی، بار Carrier

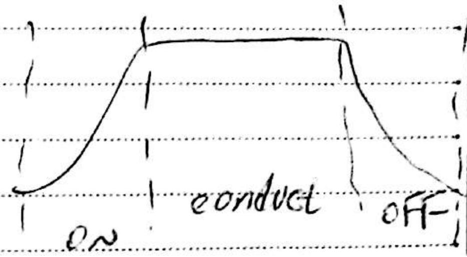
را به وجود می آورد و دوباره از بین می برد.

MCT : شبیه تایریستور می باشد، ولی علاوه بر زمان روشن بودن، در زمان 8
خاموشی نیز، قابل کنترل می باشد. 9

10
11
12
13
14
15
16
17
18

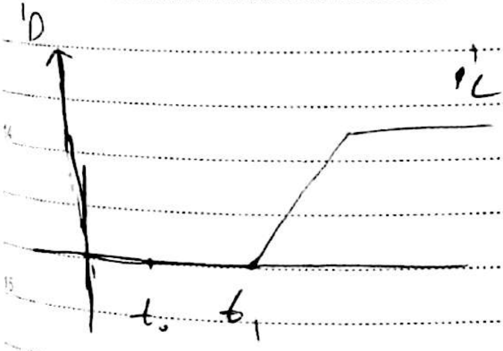
switching loss

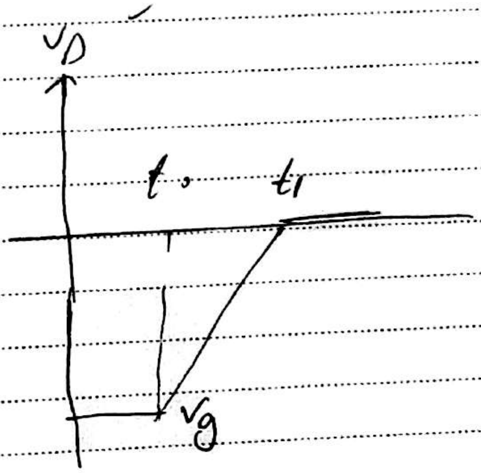
switching losses
- turn-on
- conduction
- turn-off


on
conduct
off

37 - P4

$t_0$ : زمان جریان قطع به صفر



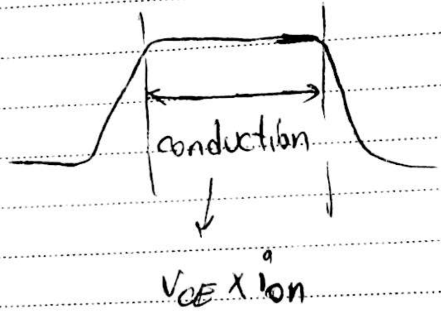


. 57 - P6

چون در IGBT ، minority carrier داریم، زمان خاموش شدن

آن بالا تا حدی غیر عادی می باشد، بنابراین IGBT دیرتر خاموش می شود

بخاطر current tail ، تلفاتی در IGBT بیشتر از تلفاتی MOSFET می باشد.



! S7-P8

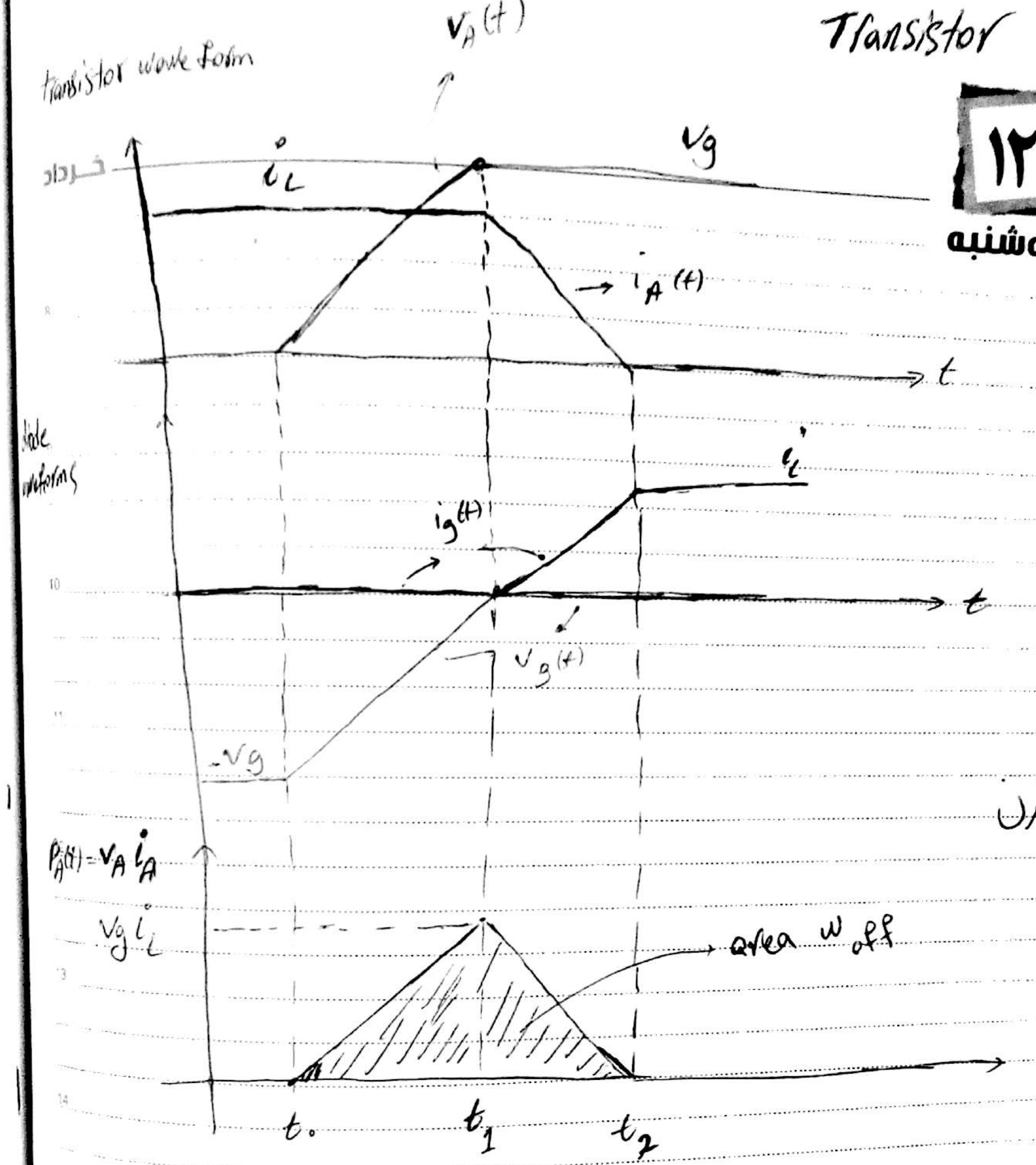
reverse recovery = $w_D$

oscillating energy stored in inductor = $w_L$

انرژی ذخیره شده در سلف به هنگام نوسانات (انرژی انتقال یافته از خازن به سلف در مدار مرتبه 2)

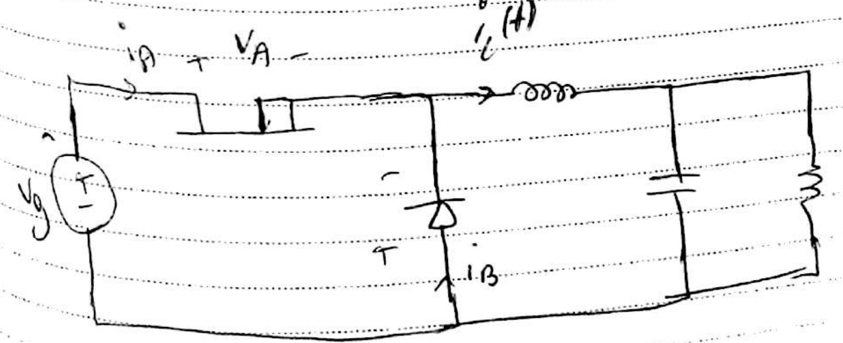
کسی که دارای عزمی راسخ است ،جهان را مطابق میل خویش عوض می کند.

# Transistor



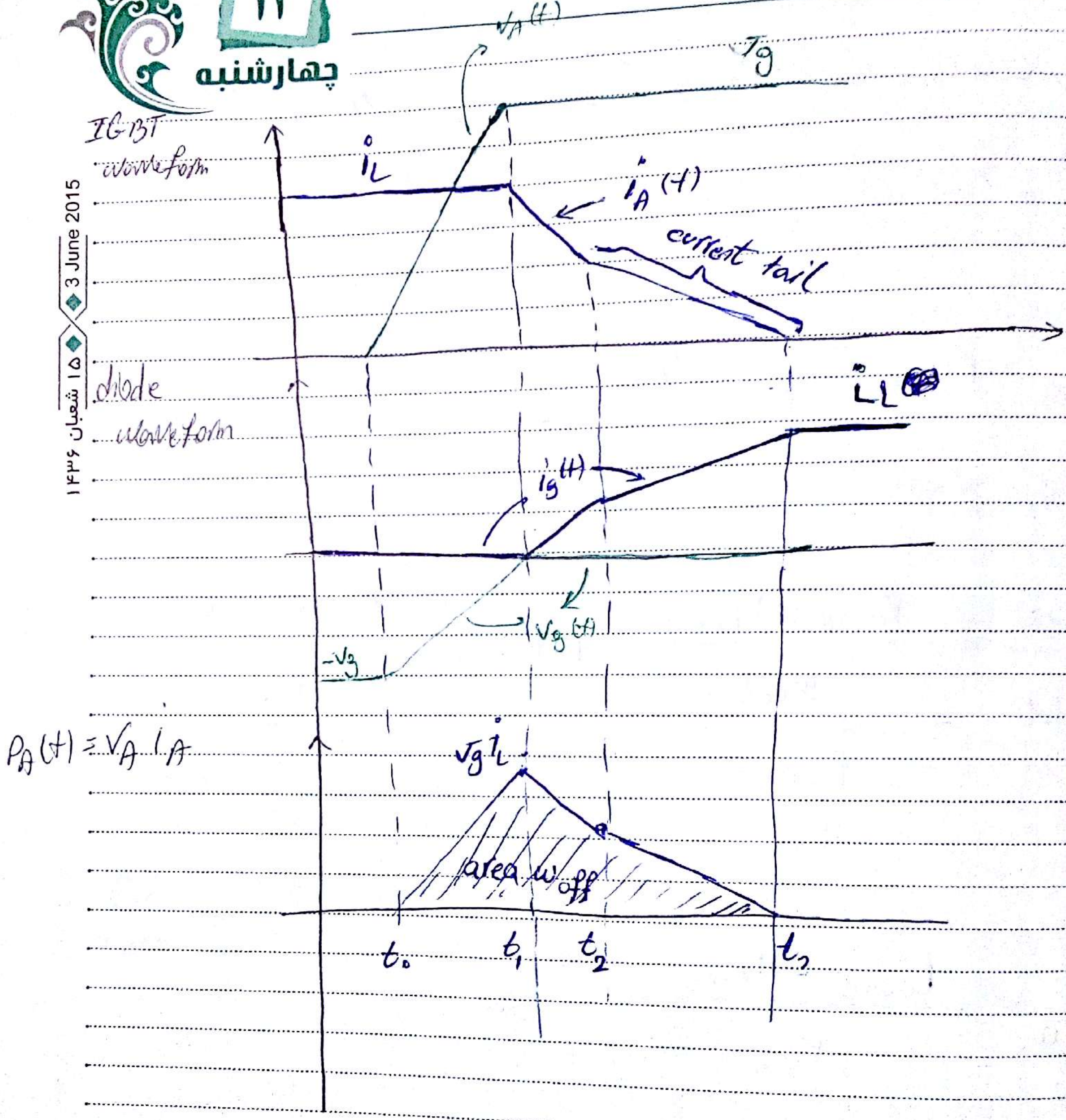
$t_0$: زمان شروع روشن شدن دیود.

$$w_{off} = \frac{1}{2} v_g i_L (t_2 - t_0)$$



Buck converter example

مدیریت ممکن است در برج های موسسات مدیریت تدریس شود اما روی کف های خاکی مغازه ها و کارخانجات آموخته می شود.


IGBT waveform
$v_A(t)$
$V_g$
$i_L$
$i_A(t)$
current tail
diode waveform
$i_L$
$i_g(t)$
$v_g(t)$
$-V_g$
$P_A(t) = v_A\, i_A$
$v_g i_L$
area $w_{off}$
$t_0$
$t_1$
$t_2$
$t_3$

$$P_{sw} = \frac{1}{T_s} \int P_A(t)\, dt = (w_{on} + w_{off})\, f_s$$

برای mosFET منحنی قبل، برای IGBT گذاشته‌ایم.

تلفات : علاوه بر تلفات در زمان سوئیچینگ ، تلفات در ریورس ریکاوری دیود و رزونانس بین سلف و خازن را نیز دارای تلفات می باشیم.

$$P_{loss} = \underbrace{P_{cond} + P_{fixed}}_{\text{تلفات غیر سوئیچ}} + \underbrace{w_{tot} \cdot f_{sw}}_{\text{تلفات سوئیچ}}$$

$$\frac{P_{loss}}{w_{tot}} = \frac{P_{cond} + P_{fixed}}{w_{tot}} + f_{sw} = \underbrace{\frac{P_{cond} + P_{fixed}}{P_{sw}} \cdot f_{sw}}_{f_{crit}} + f_{sw}$$

$$w_{tot} \rightarrow \frac{P_{sw}}{f_{sw}}$$

رحلت امام خمینی(ره)رهبر کبیر انقلاب وبنیانگذار جمهوری اسلامی ایران (تعطیل)

$$f_{crit} = \frac{P_{cond} + P_{fixed}}{P_{sw}} \cdot f_{sw}$$

1/ $f_{crit} < f_{sw} \Longrightarrow \frac{P_{cond} + P_{fixed}}{P_{sw}} < 1$

$\Rightarrow P_{cond} + P_{fixed} < P_{sw}$

2/ $f_{crit} > f_{sw} \Longrightarrow \frac{P_{cond}+P_{fixed}}{P_{sw}} > 1 \Longrightarrow$

$P_{sw} < P_{cond} + P_{fixed}$

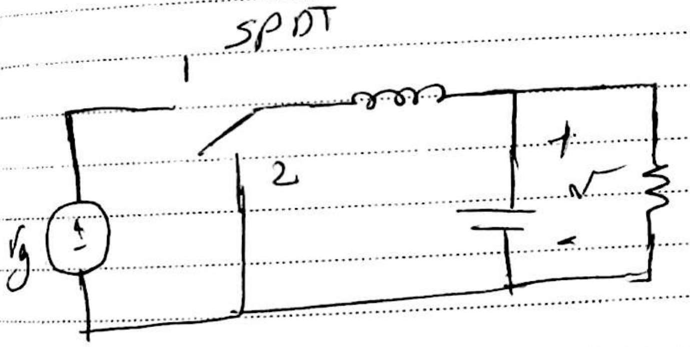
حالت دوم، حالت مطلوب ما می باشد، چون توان سوئیچ (تلفات) از تلفات هدایتی کمتر باشد.

هرچه فرکانس سوئیچ از فرکانس بحرانی بیشتر باشد، اتلاف در کلیه المان با شیب بیشتری کاهش یابد.

session 8

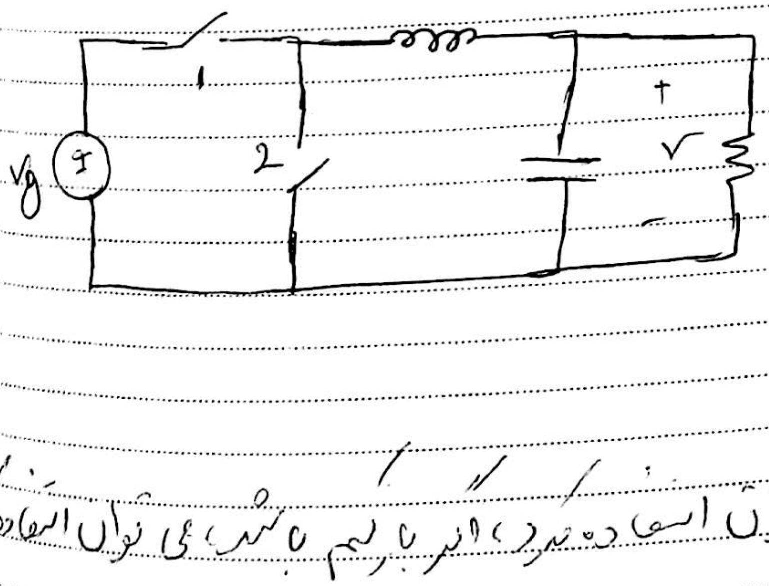
Discontinuous conduction mode (DCM).

قبلاً در continuous conduction mode (CCM) حالت بودیم و آن را بررسی می کردیم.



CCM $v = DV_g$

SRA ✓



DCM

$v = m(D,k)\,V_g$

پارامترهای مدار ← $\frac{2L}{RT_s}$

SRA ? ← چون نمی توان استفاده کرد، اگر با ریپل باشد می توان استفاده کرد

در مورد ولتاژ می توان نوشت اما در مورد جریان نمی توان نوشت

جریان متوسط سلف

S 8 - P 4,5

$I > \Delta i_L \Rightarrow$ CCM

$I = \Delta i_L \Rightarrow$ DCM , CCM مرز

$I < \Delta i_L \Rightarrow$ DCM

ریپل از جریان متوسط بیشتر باشد، دیود قطع می شود چون نمی تواند جریان ریپل را از خود عبور دهد! مهم

در موقعیت $D_3 T_s$، هم سوییچ و هم دیود در حالت قطع وجود دارند در بازه

منبع ایده‌آلی شود:

SRA چون که جریان سلف $I < \Delta i_L$ می باشد، نمی توان در نظر گرفت ولی ولتاژ خروجی $V > \Delta V$ می باشد و به راحتی می توان در مورد ولتاژ خروجی SRA نوشت

$$\frac{V}{V_g} = \frac{2}{1+\sqrt{1+\frac{4K}{D_1^2}}} \rightarrow$$

ولتاژ خروجی بر حسب ۲ متغیر، تابعی از D و R می باشد (در CCM نبود)

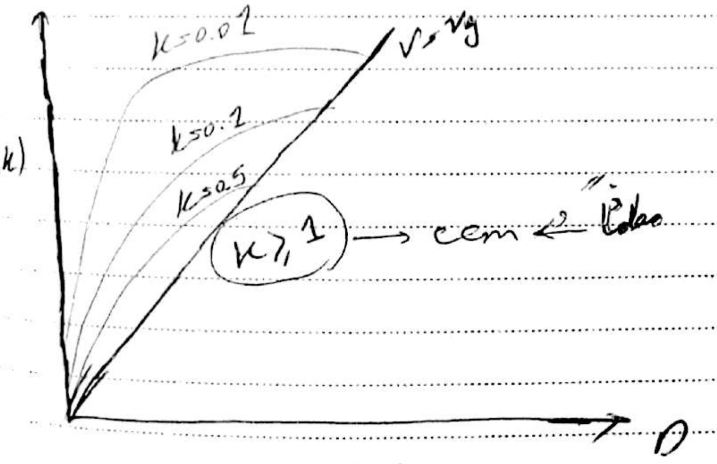
انسان های موفق، ارتباط گرهای خوبی هستند و روی رابطه ها کار می کنند.

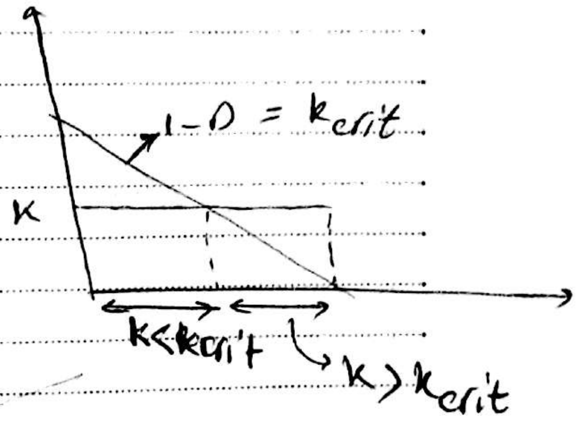
باید ابتدا در مبدل Buck و CCM را بررسی کنیم، سپس DCM و در مبدل Boost نیز ابتدا CCM را بررسی کنیم و بعد DCM در نهایت این دو را با هم مقایسه کنیم.

برای مبدل Buck

$$M = \begin{cases} D & \text{for } K > K_{crit} \rightarrow CCM \\ \dfrac{2}{1+\sqrt{1+\dfrac{4K}{D^2}}} & \text{for } K < K_{crit} \rightarrow DCM \end{cases}$$

Buck : $K_{crit} = 1 - D$





$K \geq 1 > K_{crit} = 1-D$ مطمئناً در CCM قرار دارد

اما $K \leq 1$ ~~[illegible]~~ بستگی به D → ممکنه $\begin{cases} DCM \\ CCM \end{cases}$

$$\begin{cases} K = \dfrac{2L}{RT_s} & \text{Buck} \\ K_{crit} = 1-D \end{cases}$$

Boost

$I > \Delta i_L$ for CCM $\qquad I = \dfrac{V_g}{D'^2 R}$

$I < \Delta i_L$ for DCM $\qquad \Delta i_L = \dfrac{V_g}{2L} D T_s$

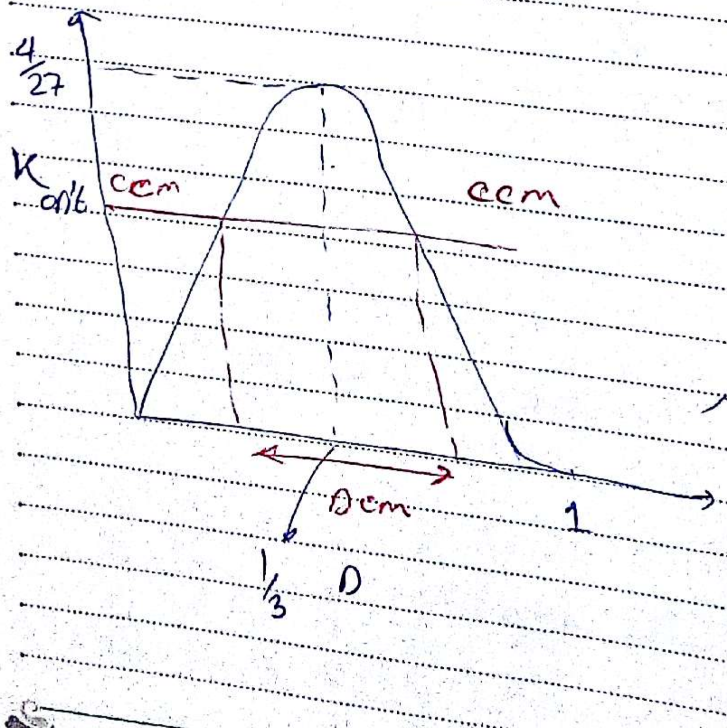
$$\frac{V_g}{D'^2 R} > \frac{D T_s V_g}{2L} \quad \text{for ccm}$$

$$\frac{2L}{RT_s} > D D'^2 \quad \text{for ccm}$$

Dcm : $\underbrace{\frac{2L}{RT_s}}_{K} < \underbrace{D(1-D)^2}_{K_{crit}}$

Boost
$$K = \frac{2L}{RT_s}$$
$$K_{crit} = D(1-D)^2$$

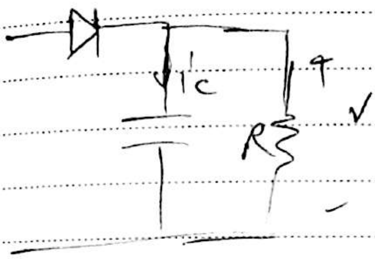
$$\frac{\partial K_{crit}}{\partial D} = 0 \Longrightarrow \begin{cases} D = 1/3 \\ K_{crit} = \frac{4}{27} \end{cases}$$



اگر K بیشتر از $\frac{4}{27}$ باشد، آنگاه همه D ها در
[illegible] ccm هستیم

هر وقت بخواهیم قانون آمپر ثانیه را بنویسیم، جایی که خازن داریم، KCL آن نقطه را می‌نویسیم

و بعد از طرفین متوسط می‌گیریم.



$$i_D = i_C + V/R$$

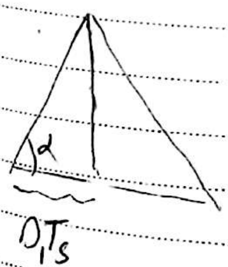
$$\langle i_D \rangle = \cancel{\langle i_C \rangle} + \langle V/R \rangle$$

$$\langle i_D \rangle = V/R$$

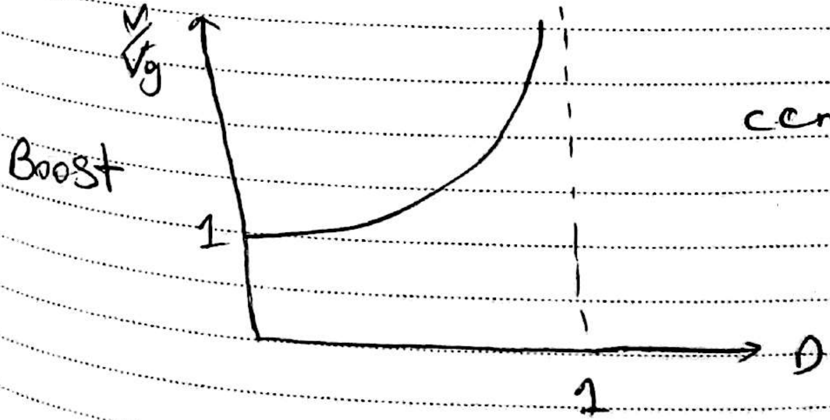
$$\frac{V}{V_g} = \frac{D_1 + D_2}{D_2}$$

باید $D_2$ را بدست آوریم، برای این کار باید از قانون آمپر ثانیه استفاده کنیم.

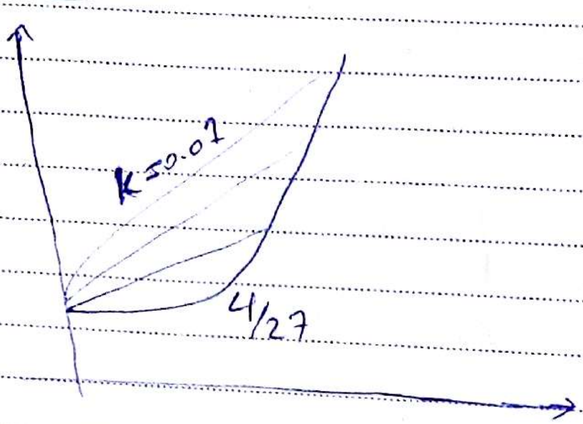
S8-S27



$$\tan\alpha = \frac{V_g}{L} = \frac{i_{peak}}{D_1 T_s}$$



ccm $\frac{V}{V_g} = \frac{1}{1-D}$



که K از $\frac{4}{27}$ کمتر شود، 8

در حالت DCm و CCm قرار می‌گیرد و اگر 9

مقدار K خیلی کم شود، در حالت DCm

10

می‌رود.

$\frac{4}{27}$، همان حالت مرزی قبل می‌باشد، بالاتر [illegible] در حالت CCm قرار دارد.

11

12

13

14

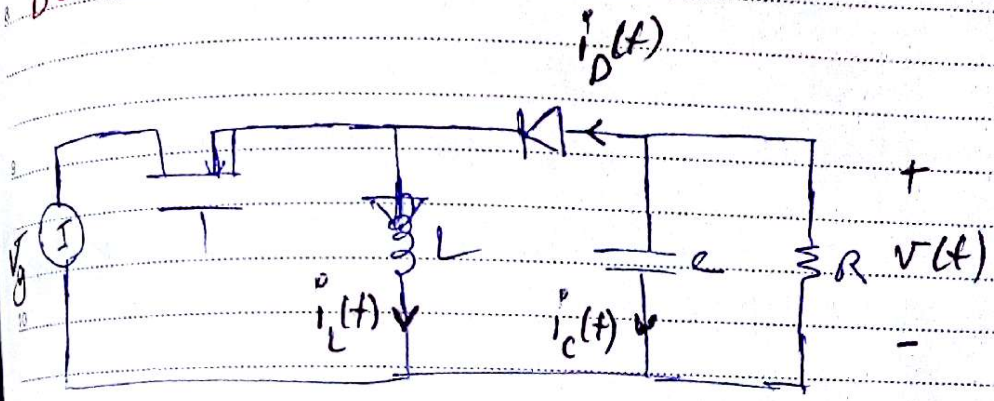
15

16

17

18

## DCM Buck-Boost :

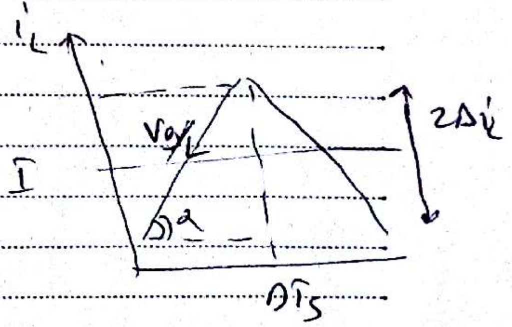

$i_D(t)$
$V_g$
I
L
$i_L(t)$
C
$i_C(t)$
R
$v(t)$
+
-

CCM :

$$\begin{cases} \Delta i_L = \dfrac{V_g}{2L} DT_s \\ I = \dfrac{D}{(1-D)^2} \dfrac{V_g}{R} \end{cases}$$

باید برسیم به این اندازه‌ی ریپل

تا DCM برسیم باید


$i_L$
$V_g/L$
I
$2\Delta i_L$
$DT_s$

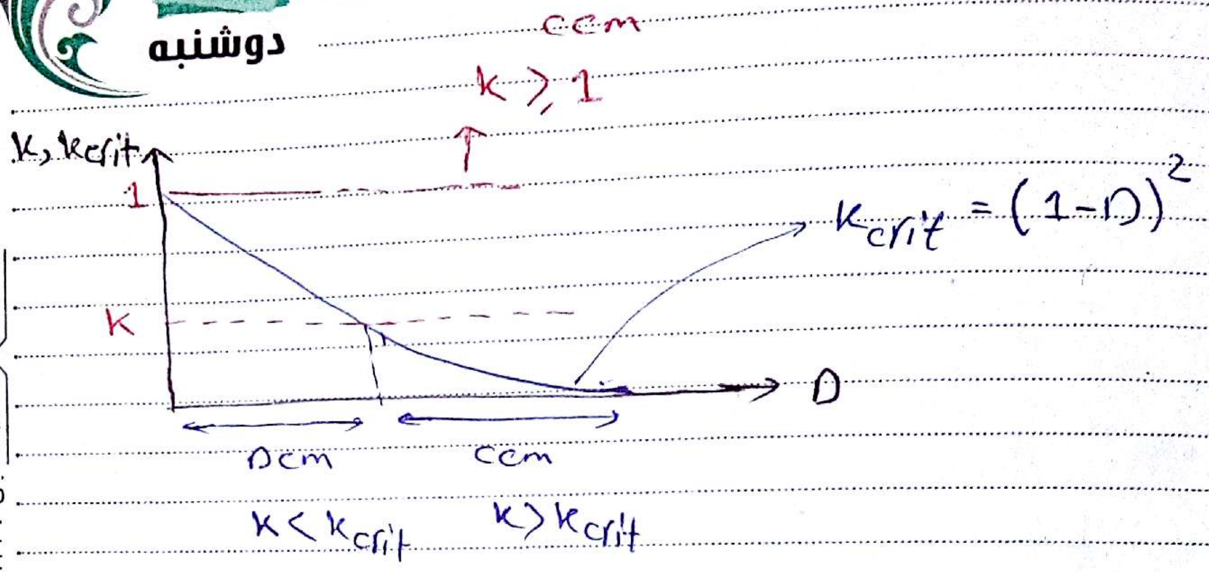
DCM :

$$I < \Delta i_L$$

$$\frac{D}{(1-D)^2} \frac{V_g}{R} < \frac{V_g D T_s}{2L}$$

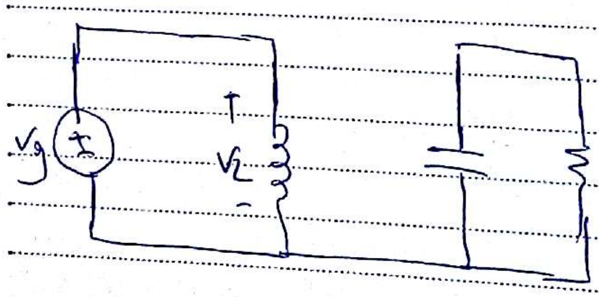
$$\frac{2L}{RT_s} < (1-D)^2$$

$$K < \boxed{(1-D)^2 = K_{crit}}$$



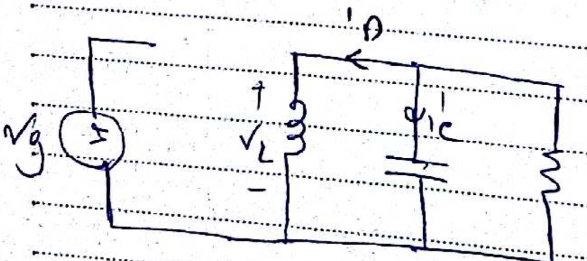
میاییم در حالت Dcm بررسی می کنیم (مثل قبل) و بعد نمودار بالا را رسم می کنیم.

Dcm Analysis:



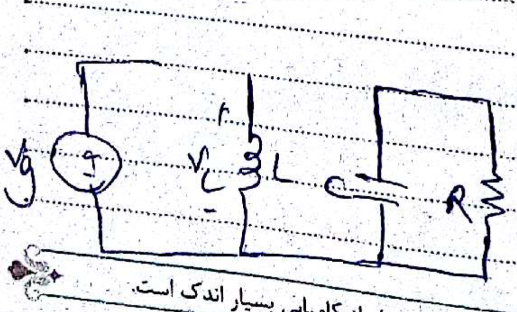
$v_L(t) = V_g$

$i_C(t) = -V/R$



$v_L(t) = V$

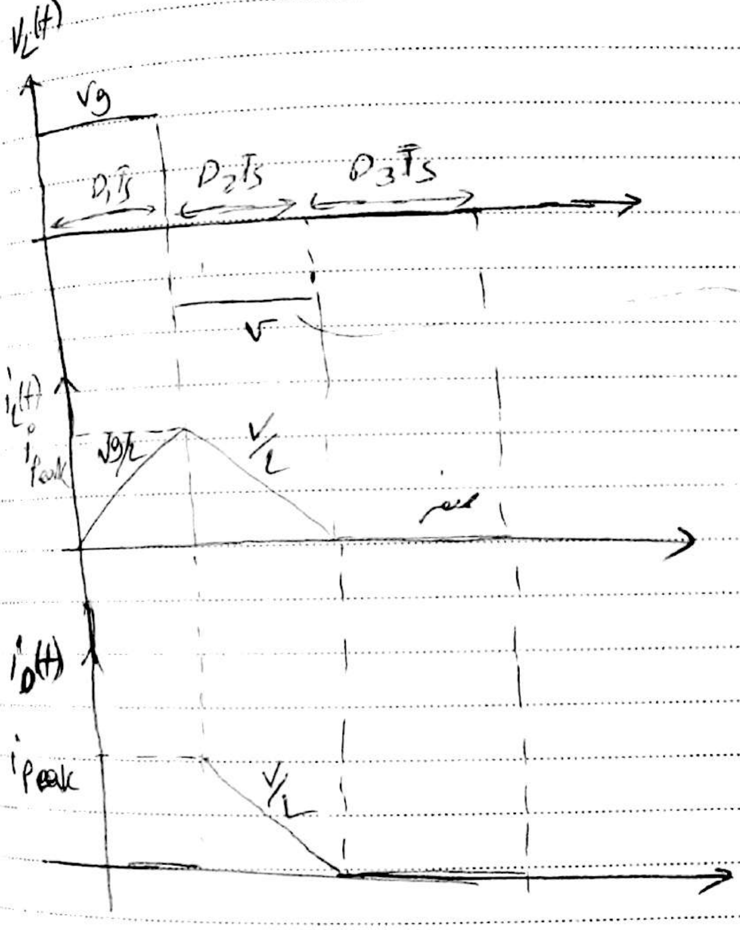
$i_C(t) = -i_D - V/R$



$v_L(t) = 0$

$i_C(t) = -V/R$

... که خرد خود را در کوره های ناکامی پیدا کرده اند، خرد حاصل از کامیابی بسیار اندک است.



علامتش به خاطر جهت معکوس دیود

یادت نره

مهم و تحلیل

مهم

بعد از ... پیک رو

$i_{pk}$ دیود $= i_{peak}$ مشخص کن

Volt-sec!

چرا ثابت نگه داشتیم؟

$$V_g D_1 + V D_2 + 0 \times D_3 = 0 \longrightarrow V = \frac{-D_1}{D_2} V_g \quad ①$$

$$i_D(t) = -i_C - V/R$$

$$\frac{1}{T_s}\int_0^{T_s} i_D(t)\,dt = \underbrace{\frac{1}{T_s}\int_0^{T_s} -i_C(t)\,dt}_{\text{صفر به دلیل Amp.sec}} - V/R$$

$$\langle i_D(t) \rangle = -V/R \implies$$

$$\frac{V_g}{L} = \frac{i_{Peak}}{D_1 T_s} \longrightarrow i_{pk} = \frac{V_g}{L} D_1 T_s$$

$$\langle i_D(t) \rangle = \frac{i_{pk} \cdot D_2 \cdot T_s}{2} \cdot \frac{1}{T_s}$$

$$\langle i_D(t) \rangle = \frac{V_g}{2L} D_1 D_2 T_s = -V/R \qquad ②$$

$$①, ② \implies \frac{V_g}{2L} D_1 \cdot \left( \frac{-V_g}{V} D_1 \right) T_s = \frac{-V}{R}$$

$$\underbrace{\frac{2L}{RT_s}}_{k} \left( \frac{V}{V_g} \right)^2 = \underbrace{D}_{\boxed{D_1}}^2 \implies k \left( \frac{V}{V_g} \right)^2 = D^2$$

$$\frac{V}{V_g} = \cancel{\pm} \frac{D}{\sqrt{K}}$$

چون که جهت دیود، معکوس است، ولتاژ دو سر بار منفی می‌باشد.

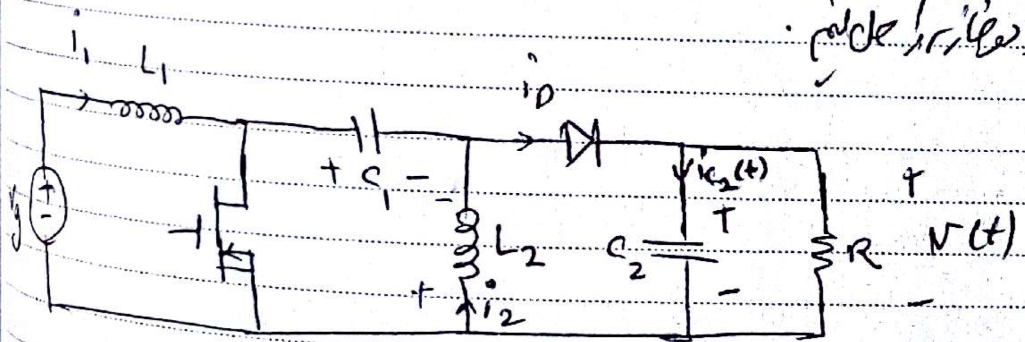
$$\frac{V}{V_g} = \begin{cases} \dfrac{-D}{1-D} & K > K_{crit} \quad (CCM) \\ \\ \dfrac{-D}{\sqrt{K}} & K < K_{crit} \quad (DCM) \end{cases}$$

$$\boxed{K = \frac{2L}{RT_s}}$$

$$K_{crit} = (1-D)^2$$

problem 5.7 + 5.8

می خواهیم مسئله‌ی دفتر را حل کنیم.



a. find conditions for DCM operation?

b. find $M(D, K)$ for DCM operation?

c. Assume converter operates under following conditions:

$D = 0.4$ , $f_s = 100\ \text{kHz}$ , $V_g = 120\ \text{V}$ , $R = 10\,\Omega$

$L_1 = 54\ \mu H$ , $L_2 = 27\ \mu H$ , $C_1 = 47\ \mu F$ , $C_2 = 200\ \mu F$

plot $i_D(t)$ , $i_1(t)$ , $i_2(t)$ ?

از قبل به دست آورده بودیم: (با استفاده از

ccm operation : $\left( \begin{array}{l} \text{Volt-sec} \\ \text{Amp-sec} \end{array} \right.$

مقدار متوسط

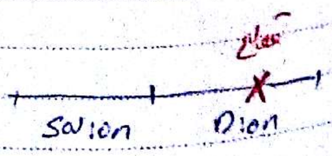
$$\begin{cases} V_{C_1} = V_g \\ V = V_g \dfrac{D}{1-D} \end{cases} \qquad \begin{cases} I_1 = \dfrac{V}{R} \dfrac{D}{1-D} \\ I_2 = \dfrac{V}{R} \end{cases}$$

مقدار متوسط

$$\Delta i_1 = \frac{V_g}{2L_1} D T_s \quad , \quad \Delta i_{L_2} = \frac{V_g}{2L_2} D T_s$$

زمانی حالت DCM رخ می‌دهد، که دیود روشن باشد و جریان آن منفی شود و به حالت قطع برود.

$$\langle i_D \rangle = I_1 + I_2 \overset{<}{>} \Delta i_1 + \Delta i_2$$



شرط قطع نبودن دیود

ریپل از مقدار متوسط کوچکتر باشد.

بزرگ ترین موفقیت عبارت است از اعتماد یا سازش کامل بین اشخاص صمیمی.

$$\frac{V_g}{R}\,\frac{D}{1-D}$$

$$\frac{V_g}{2} DT_s \underbrace{\left(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}\right)}_{\frac{1}{L}} > \underbrace{\frac{V}{R}\left[1+\frac{D}{1-D}\right]}$$

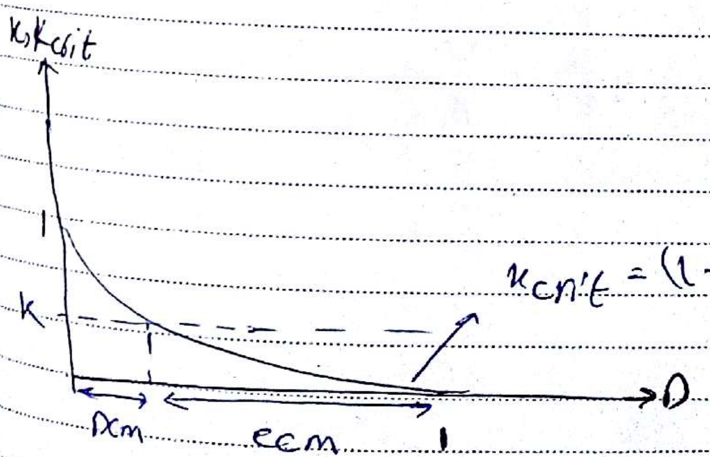
$$\boxed{\frac{V}{R(1-D)}}$$

$$\frac{V_g}{2L}\cancel{D}T_s > \frac{\cancel{V_g}\,\cancel{D}}{R(1-D)} \Longrightarrow (1-D)^2 > \frac{2L}{RT_s}$$

DCM operation

$$\underbrace{(1-D)^2}_{K_{crit}} = \frac{2L}{RT_s} = K \longrightarrow$$ CCM - DCM operation (boundary)

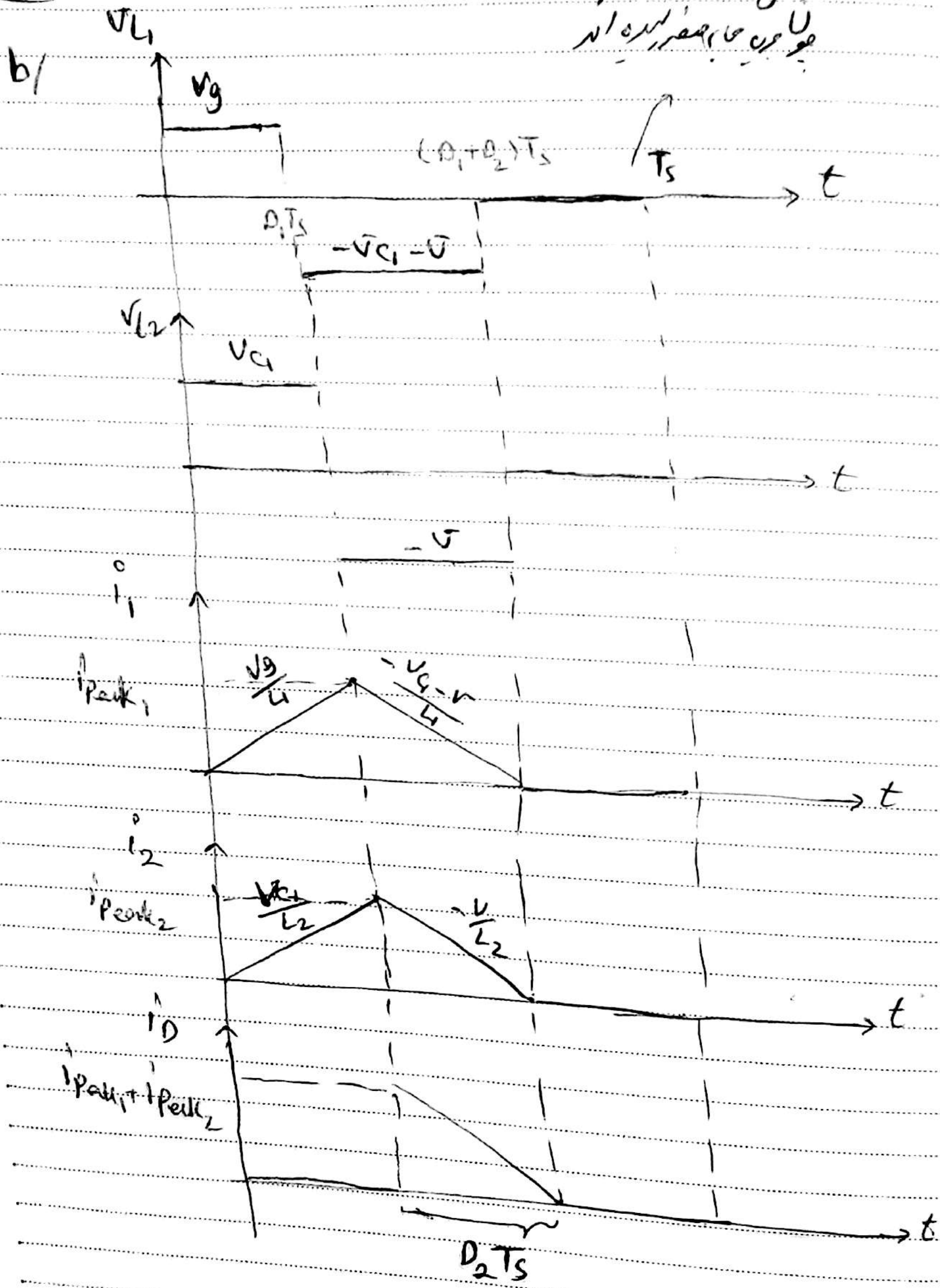
مرز



ایمان و باور ما در ابتدای هر مسئولیت دشواری، تنها عاملی است که موفقیت نهایی مان را تضمین می کند.
شهادت دکتر مصطفی چمران - روز بسیج اساتید

b/

چون جریان ها به صفر رسیده اند


$v_{L_1}$
$v_g$
$(D_1+D_2)T_s$
$T_s$
$t$
$D_1T_s$
$-v_{C_1}-v$
$v_{L_2}$
$v_{C_1}$
$t$
$-v$
$i_1$
$i_{peak_1}$
$\frac{v_g}{L_1}$
$\frac{-v_{C_1}-v}{L_1}$
$t$
$i_2$
$i_{peak_2}$
$\frac{v_{C_1}}{L_2}$
$\frac{-v}{L_2}$
$t$
$i_D$
$i_{peak_1}+i_{peak_2}$
$t$
$D_2T_s$

$i_1 + i_2 \Big|_{D_1T_s < t < (D_1+D_2)T_s} = i_D$

ا: دیگران کار کن، ۳) کمتر از دیگران توقع داشته باش.

$$D_1(V_g) + D_2(-V_{C_1} - V) + D_3 x_0 = 0 \Rightarrow V_{C_1} = \frac{D_2}{D_1} V$$

$$D_1 V_{C_1} + D_2(-V) + D_3 x_0 = 0 \Rightarrow \boxed{V = \frac{D_1}{D_2} V_g}$$ ①

مجهول زیاد شده :

$$i_D(t) = i_{C_2}(t) + \frac{v(t)}{R}$$

$$\langle i_D(t)\rangle = \cancel{\langle i_{C_2}(t)\rangle} + V/R \Rightarrow \langle i_D\rangle = V/R$$

$$\langle i_D(t)\rangle = \frac{1}{T_s}\int_0^{T_s} i_D(t)\,dt = \frac{1}{T_s}\,\frac{i_{Peak_1} + i_{Peak_2}}{2}\,D_2 T_s$$

$$= \frac{i_{Peak_1} + i_{Peak_2}}{2}\,D_2$$

$$i_{Peak_1} = \frac{V_g}{L_1} D_1 T_s$$

از روی شیب $i_1$ و $i_2$ بدست آمد.

$$i_{pk_2} = \frac{V_g}{L_2} D_1 T_s$$

$1/L$

$$\langle i_D(t)\rangle = \frac{V_g D_1 T_s}{2}\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right) D_2 = V/R$$

$$V_g D_1 D_2 = V \frac{2L}{RT_s} = V k \quad ②$$

$$①, ② \Rightarrow V_g D_1 \frac{V_g}{V} D_1 = V.k$$

$$\left(\frac{V}{V_g}\right)^2 = \frac{D_1^2}{k} \Longrightarrow \frac{V}{V_g} = \cancel{\pm} \frac{D}{\sqrt{k}}$$

c/

ما باید ابتدا ببینیم که مبدل در کدام حالت کار می‌کند ⟸ پس باید k و $k_{crit}$ را بدست آوریم.

$$L = (54 \parallel 27) = \frac{54}{3} = 18\,\cancel{H}\,H$$

$$k = \frac{2 \times 18 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-5}} = 0.36$$

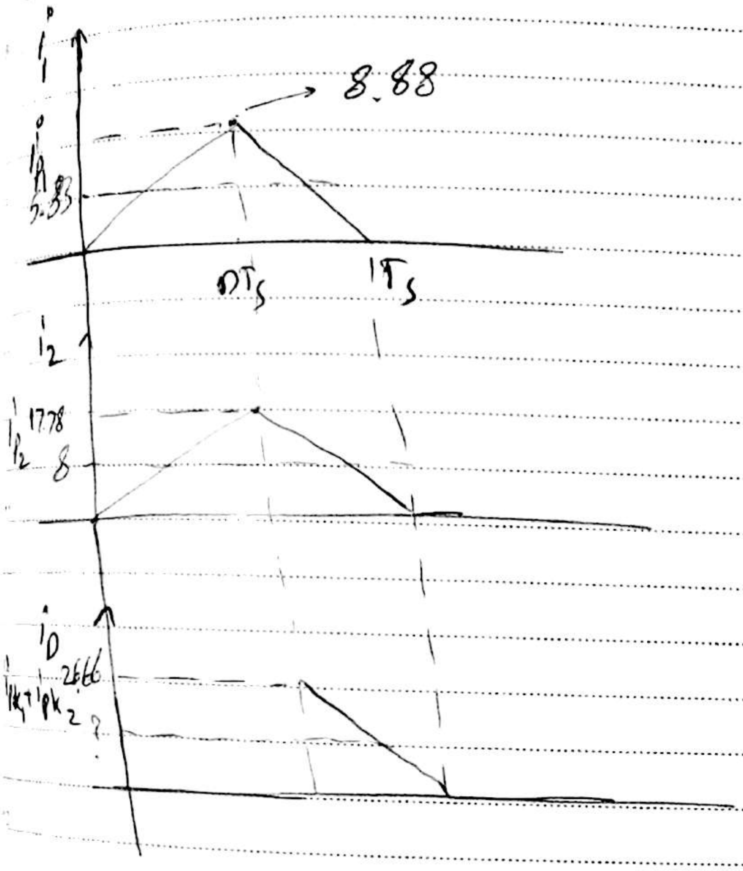
$$\Longrightarrow k = k_{crit} \Rightarrow$$

$$k_{crit} = (1-D)^2 = (1-0.4)^2 = 0.36$$

CCM-DCM

boundary

پیش از آنکه بالارفتن از نردبان موفقیت را آغاز کنید، مطمئن شوید که نردبان را به ساختمان مناسب تکیه داده اید.


$i_1$
8.88
$i_A$
5.33
$DT_s$
$1T_s$
$i_2$
17.78
8
$i_D$
26.66
$i_{pk_1} + i_{pk_2}$
?

$$\frac{V}{V_g} = \frac{D}{1-D} = \frac{0.4}{0.6} \Rightarrow V = \frac{2}{3} \times 120 = 80$$

$$I_1 = V/R \, \frac{D}{1-D} = \frac{80}{10} \, \frac{0.4}{0.6} = 5.33$$

$$I_2 = V/R = \frac{80}{10} = 8 \ (A)$$

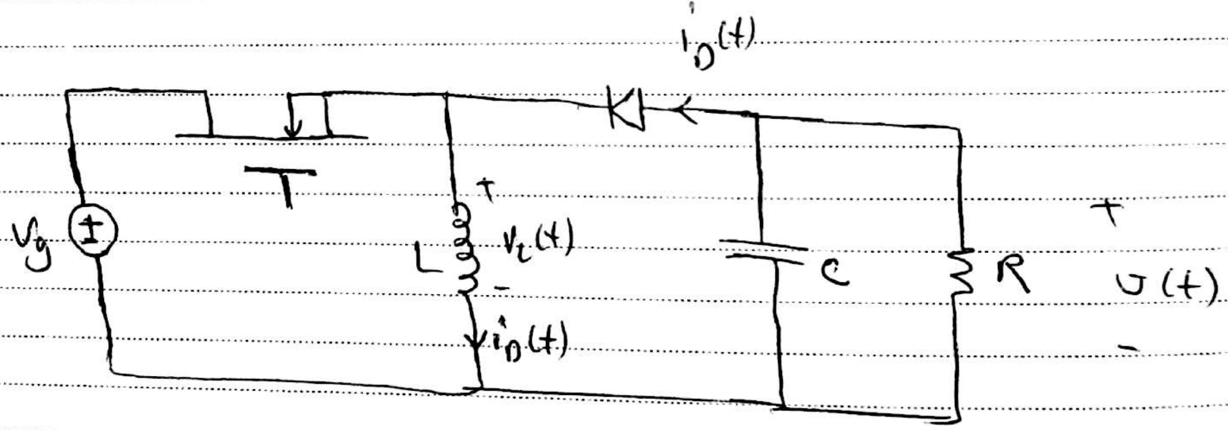
$$(i_D) = I_1 + I_2 = 13.33$$

$$i_{pk_1} = \frac{v_g}{L_1} D T_s = 8.88 \quad (A)$$

$$i_{pk_2} = \frac{v_g}{L_2} D T_s = 17.78 \quad (A)$$

problem 6.13

Buck-Boost



$136^{(V)} \leq v_g \leq 204 \ (V)$

$5^{W} \leq P_{load} \leq 100 \ W$

$f_s = 100 \ kHz$ , $V = -150 \ V$

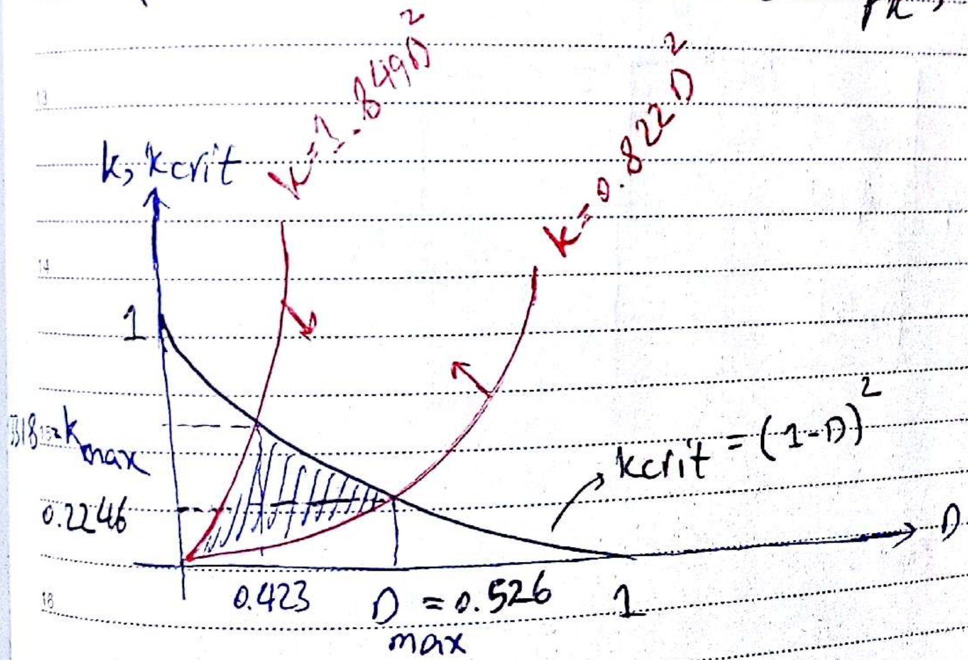
Design a buck-boost:

1- converter always operate in DCM

2- choose elements such that minimizes $i_{pk}$

3. $\Delta V \leq 1\ (V)$

(find $L$, $C$, worst-case $i_{pk}$, $D_{min}$, $D_{max}$ ?)



$$\frac{V}{V_g} = \frac{-D}{\sqrt{k}} = \begin{cases} -0.735 & \text{for } V_g = 204 \\ -1.103 & \text{for } V_g = 136 \end{cases}$$

$$\Longrightarrow \begin{cases} k = 1.849D^2 \\ k = 0.822D^2 \end{cases} \Rightarrow 0.822D^2 < k < 1.849D^2$$

شهادت مظلومانه دکتر بهشتی و۷۲ تن از یاران امام خمینی(ره) - روز قوه قضاییه

اول مشورت، دوم تصمیم و سوم انتخاب سه رکن موفقیت هستند.

$$5(w) \leq P_{load} \leq 100 \Longrightarrow \frac{(150)^2}{100} \leq R \leq \frac{(150)^2}{5}$$

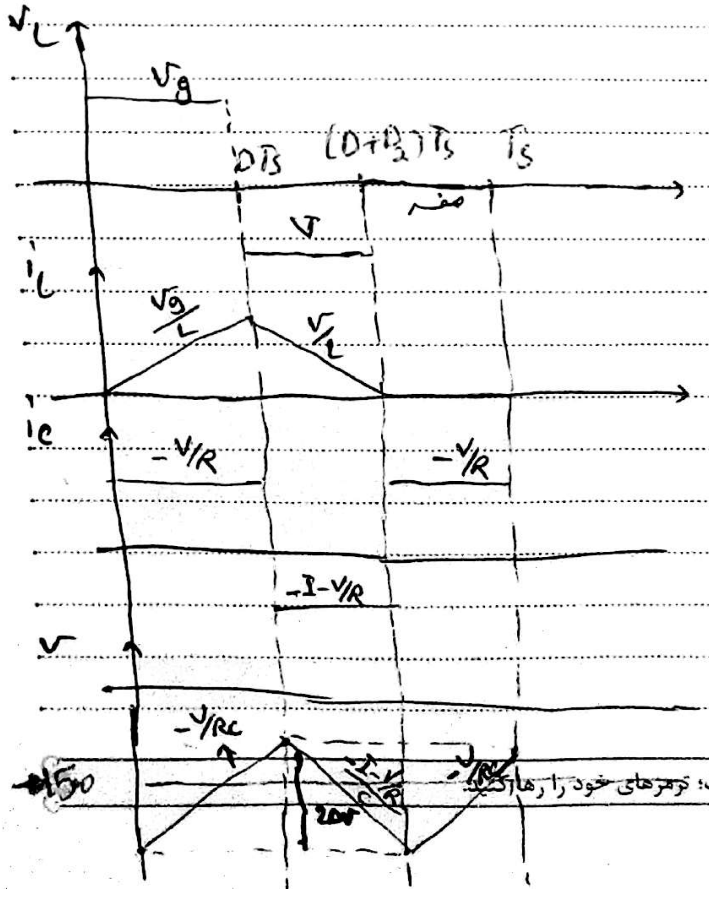
$$\Longrightarrow 225 \leq R \leq 4500$$

$$\frac{1}{4500} < \frac{1}{R} < \frac{1}{225} \Longrightarrow \frac{2L}{\underset{10^{-5}}{T_s} \times 4500} < \frac{2L}{RT_s} < \frac{2L}{\underset{10^{-5}}{T_s} \times 225}$$

$$\Longrightarrow 44.44L < k < 888.88L \leq \boxed{0.3318} \rightarrow$$

بیشترین k، برای اینکه همیشه در مود CCM کار کند.

$$\Longrightarrow L \leq \frac{0.3318}{888.88} = 0.373\,mH$$


$v_L$
$V_g$
$DT_s$
$(D+D_2)T_s$
$T_s$
$V$
صفر
$i_L$
$V_g/L$
$V/L$
$i_C$
$-V/R$
$-V/R$
$-I-V/R$
$v$
$-V/RC$
$\frac{I-V/R}{C}$
$-V/RC$
150
200

$$\frac{i_{pk}}{DT_s} = \frac{V_g}{L} \Rightarrow i_{pk} = \frac{V_g}{L} DT_s$$

$$\xrightarrow{\text{minimize } i_{pk}} \quad L = 0.373\ mH$$

$$\frac{2\Delta V}{DT_s} = \frac{-V}{RC} \Rightarrow \Delta V = \frac{-V}{2RC} DT_s \leq 1$$

$$\Rightarrow C \geq \frac{-V}{2R} DT_s$$

$$\Rightarrow \begin{cases} D_{max} = 0.526 \;,\; R = 332 \;,\; C \geq 1.18\ \mu F \\ K = 0.2246 = \frac{2L}{RT_s} \\ \\ D = 0.423 \;,\; R = 225 \;,\; C \geq 1.41\ \mu F \checkmark \\ K = 0.338 = \frac{2L}{RT_s} \end{cases}$$

$$\boxed{C \geq \frac{-V}{2R} DT_s} \geq$$

$c = 1.41$

بیشتر هم میشه گرفت، اما چون دارای ریپل بیشتری است (دیرتر دمپ می شود)
بنابراین کمترین مقدار را انتخاب می کنیم

برای بدست آوردن $D_{min}$، باید برویم سراغ k:

$$P_{load\,min} \rightarrow R_{max} \rightarrow k_{min} \rightarrow D_{min}$$

$$P_{load} = 5\,\omega \Rightarrow R = 4500\,\Omega$$

$$k = \frac{2L}{RT_s} = \frac{2\times 0.373\times 10^{-3}}{4500\times 10^{-5}} = 0.0166$$

$$0.0166 = 1.849\,D^2 \Rightarrow D_{min} = 0.0947$$

$$0.0947 \leq D \leq 0.526$$

چون ولتاژ منفی است

$$i_{pk}\Big|_{worse-case} = \frac{V_g}{L} D T_s = \frac{-v\sqrt{K}}{\cancel{D'}} \frac{\cancel{D'}}{L} T_s$$

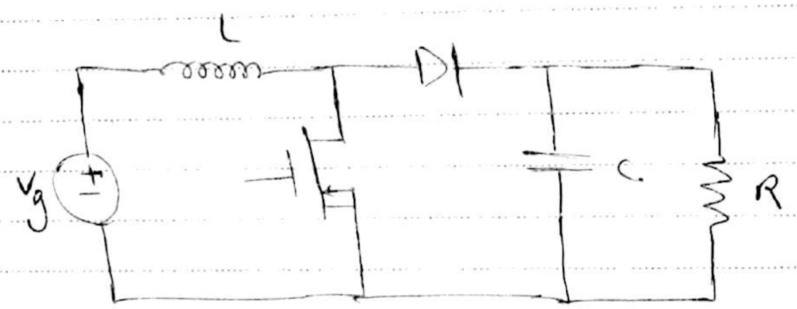
$$= \frac{-v\sqrt{K}}{L} T_s = \frac{-150\times\sqrt{0.3318}}{0.373\times 10^{-3}} \times 10^{-5}$$

بدترین حالت، $i_{pk}$ را باید در نظر بگیریم. (یعنی بیشترین مقدار) ← بیشترین k ← [illegible]

$$k = \frac{2L}{RT_s}\Big|_{R=4500} = 0.3318$$

دیدیم که در مورد $i_{min}$ راحت گذشتیم ولی باید بدترین حالت را در نظر گرفت.

problem 5-14:



$18(V) \le V_g \le 36(V)$ , $V = 48\ (V)$

$5(W) \le P_{load} \le 100(W)$ , $f = 150\ kHz$

Design requirement
- always in DCM
- $K \le 0.75\ K_{crit}$
- minimize $i_{pk}$ for choosing L
- $\Delta V \le 1\ (V)$

a/ $L = ?$ , $C = ?$ , $i_{pk}\big|_{\text{worse case}} = ?$ , $D_{min} = ?$, $D_{max} = ?$

b) find $D, K, K_{crit}$ for

$V_g = 18(V)$ $P_{load} = 5(W)$

$V_g = 36(V)$ $P_{load} = 5(W)$

$V_g = 18(V)$ $P_{load} = 100(W)$

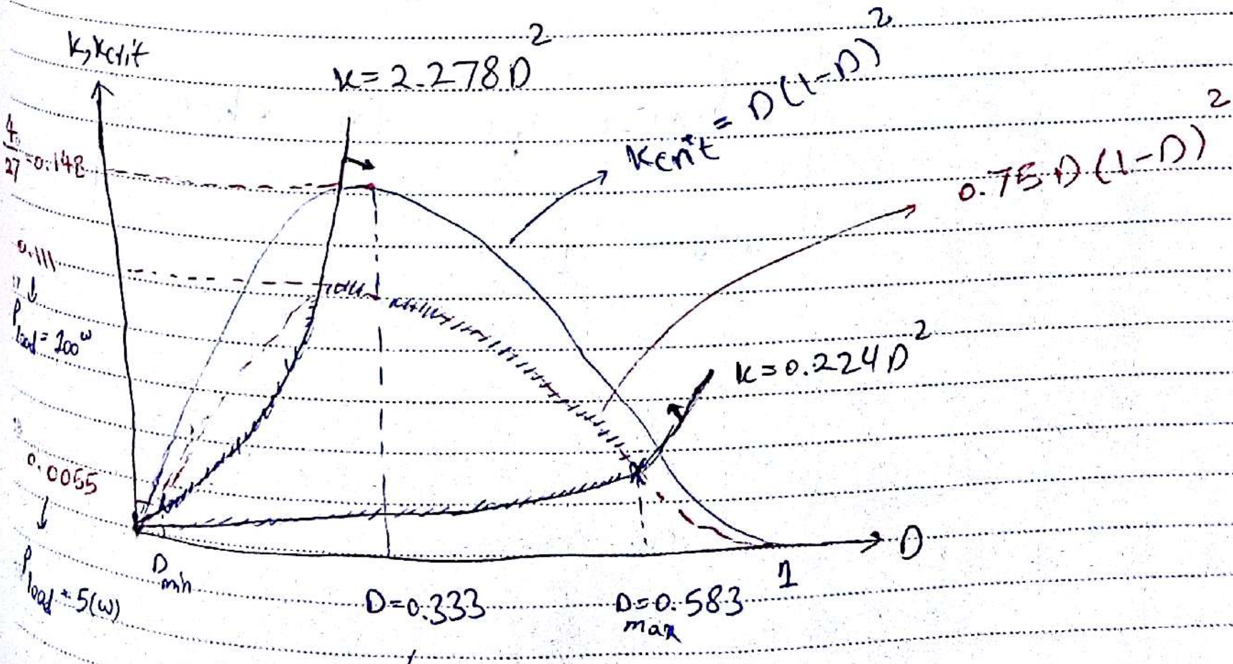
$V_g = 36(V)$ $P_{load} = 100(W)$

DCM: $\dfrac{V}{V_g} = \dfrac{1+\sqrt{1+\frac{4D^2}{K}}}{2}$ → Boost برای

$V=48$ ; if $V_g = 18(V)$ $\Longrightarrow$ $K = 0.224\,D^2$ $\Longrightarrow$

$V=48(V)$ ; if $V_g = 36(V)$ $\Longrightarrow$ $K = 2.278\,D^2$

$0.224D^2 < K < 2.278\,D^2$



$D(1-D)^2 = (D - 2D^2 + D^3)' = 0 \rightarrow D = 0.333$

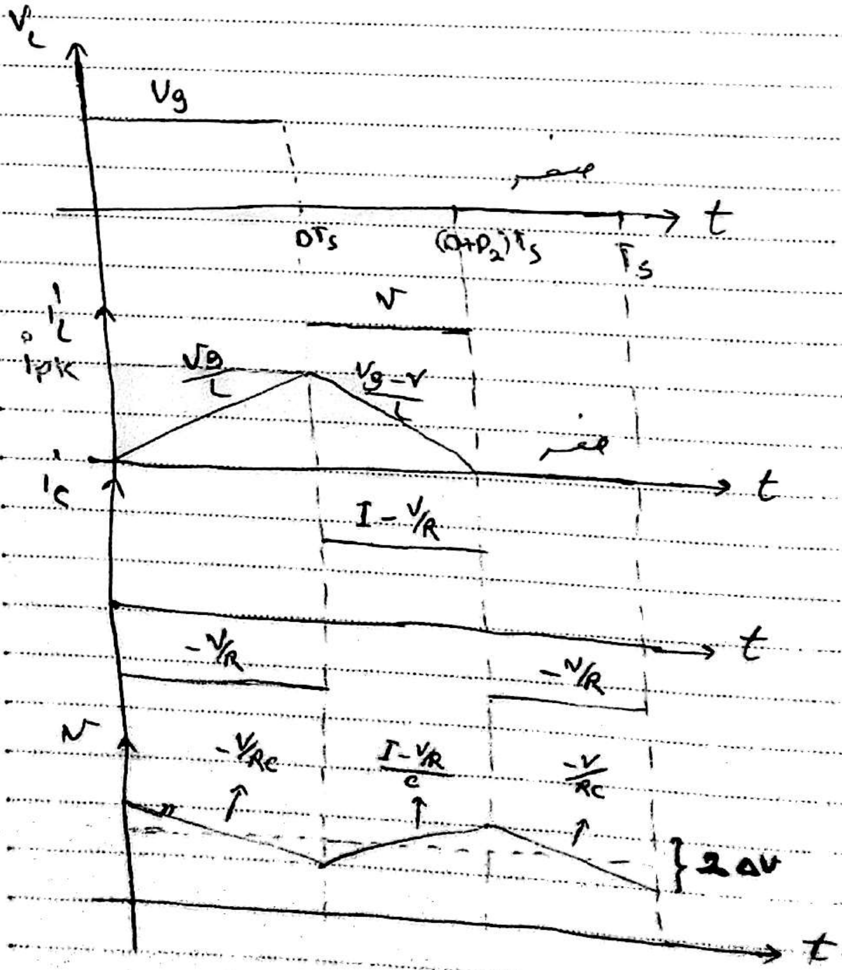
$$5(w) \leq P_{load} \leq 100(w) \Rightarrow$$

$$\frac{(48)^2}{100} \leq R \leq \frac{(48)^2}{5} \Rightarrow 23 \leq R \leq 460.8$$

$$\frac{1}{460.8} < \frac{1}{R} < \frac{1}{23} \Rightarrow \frac{2L}{460.8 \times T_s} < \frac{2L}{R T_s} < \frac{2L}{23 \times T_s}$$

$$\Rightarrow 651.04L < k < 13043.47\,L \leq 0.111$$

$$\Rightarrow L \leq 8.51 \ mH$$


$V_L$
$V_g$
صفر
$t$
$DT_s$
$(D+D_2)T_s$
$T_s$
$i_L$
$I_{pk}$
$v$
$\frac{V_g}{L}$
$\frac{V_g - v}{L}$
صفر
$t$
$i_C$
$I - v/R$
$t$
$-v/R$
$-v/R$
$v$
$-v/Rc$
$\frac{I - v/R}{c}$
$\frac{-v}{Rc}$
$2\Delta v$
$t$

$$\frac{-V}{RC} = \frac{-2\Delta V}{DT_s} \Rightarrow \Delta V = \frac{V}{2RC} DT_s \leq 1$$

$$C \geq \frac{V}{2R} DT_s \;\Big|\; = 2.32\ \mu F$$

$D = 0.333 \rightarrow k = 0.111 = \frac{2L}{RT_s}$

$R = 23$

اگر برای بدست آوردن یک پارامتر، چند حالت داشتیم، باید به سراغ نقاط گوشه برویم.

$i_{pk-\text{worse-case}} = 8.22$

$V_g = 18\ (V)$

$D = 0.883 \rightarrow K = D(1-D)^2 = \frac{2L}{RT_s}$

$R = 33.5$

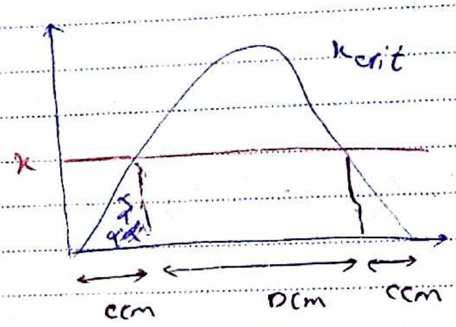
$P_{load} = 5\omega \Rightarrow R = 460.8\ \Omega$

$$k_{min} = \frac{2L}{RT_s} = \frac{2 \times 8.51 \times 10^{6}}{460.8 \times (150 \times 10^{3})^{-1}} = 0.0055$$

$$D_{min} \begin{cases} k = 2.278 D^2 \\ k = 0.75 D(1-D)^2 \end{cases} \Rightarrow \text{باید برابر هم قرار دهیم.} \Rightarrow D_{min} = 0.0491$$

$0.0491 \leq D \leq 0.583$

در شکل اول، اگر تا نقاط منحنی داخل خط چین، DCM می باشد.



| $V_g$ | $P_{load}$ | k | D | $k_{crit}$ |
|---|---|---|---|---|
| 18 | 5 | 0.0055 | 0.156 | 0.111 |
| 36 | 5 | 0.0055 | 0.05 | 0.045 |
| 18 | 100 | 0.111 | 0.703 | |
| 36 | 100 | 0.111 | 0.2207 | |
| Dcm 29.66 | 100 | 0.111 | 0.333 | 0.111 |

DCM (rows 1–2)

ccm (rows 3–4) چون نقاط کم D=0.333, می باشد

$$\frac{V}{V_g} = \frac{1}{1-D}$$

DCM:
$$\frac{V}{V_g} = \frac{1+\sqrt{1+\frac{4D^2}{k}}}{2}$$

$$R = \frac{(48)^2}{5} = 460.8$$

$L = 8.51\,\mu H$

$$R = \frac{(48)^2}{100} = 23$$

$T_s = (150000)^{-1}$

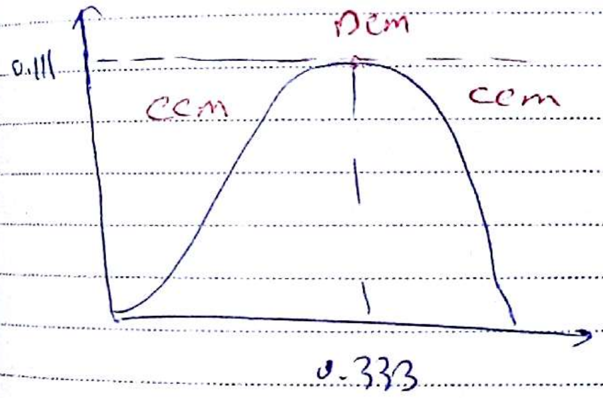
$k_s = \frac{2l}{RT_s}$ → ✓

برای بدست آوردن ncm

در حالت کلی $100^w$

$$\Rightarrow \frac{48}{V_g} = \frac{1+\sqrt{1+\frac{4\times(0.333)^2}{0.111}}}{2}$$

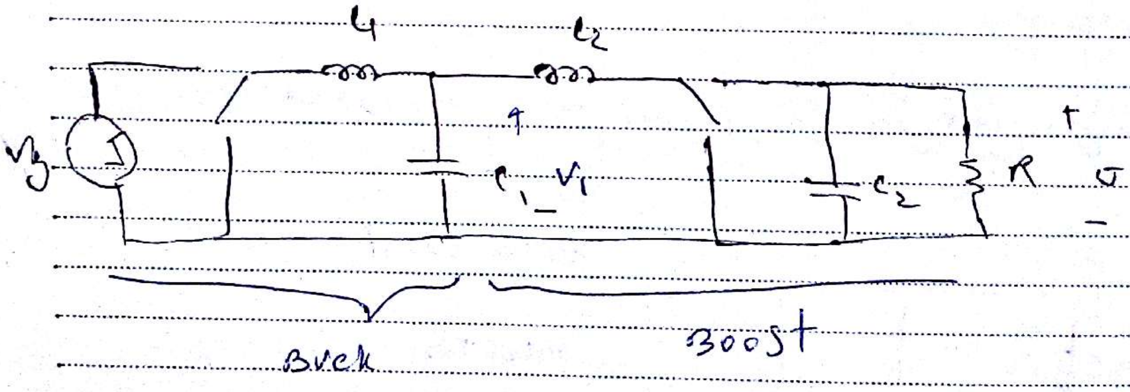
$$\Rightarrow V_g = 29.66$$



شب قدر – روز ادبیات کودکان و نوجوانان

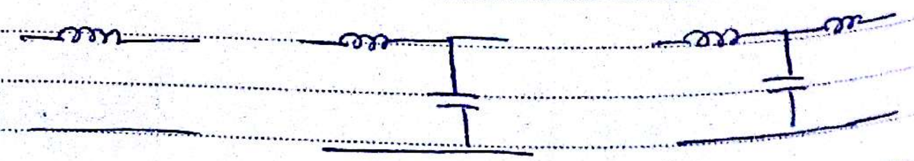
مدار Boost را می‌شه از Buck گرفت. به طوریکه در اول، در buck کنترل شونده هدایت می‌کرد و سپس در حالت ۲، دیود. اما در Boost، اول دیود هدایت می‌کند و سپس کنترل شونده. پس برعکس کردم.

$V_2 = DV_1 \longrightarrow V_1 = DV_2 \rightarrow V_2 = \frac{1}{D'}V_1$ که $D' = 1-D$

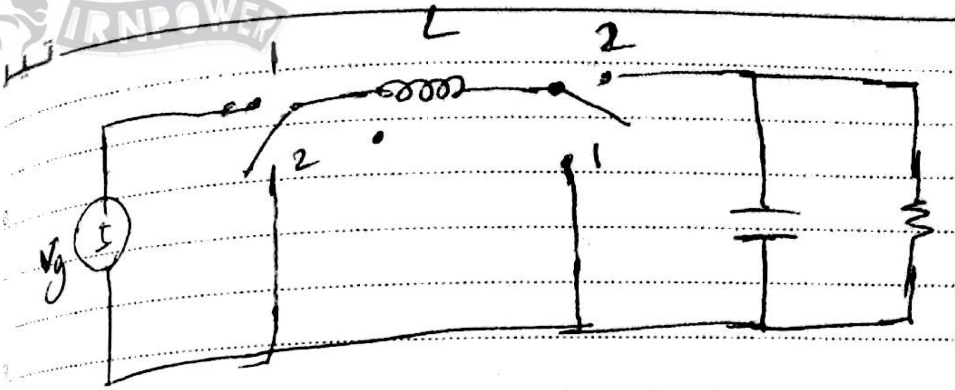


$\frac{V_1}{V_g} = D$ , $\frac{V}{V_1} = \frac{1}{1-D} \Longrightarrow \frac{V}{V_g} = \frac{D}{1-D}$

انواع فیلترهای پایین گذر

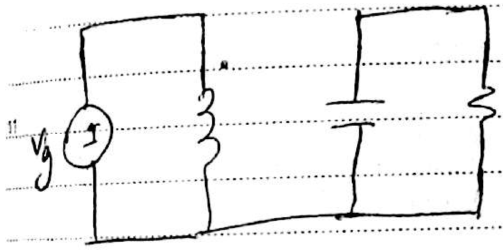


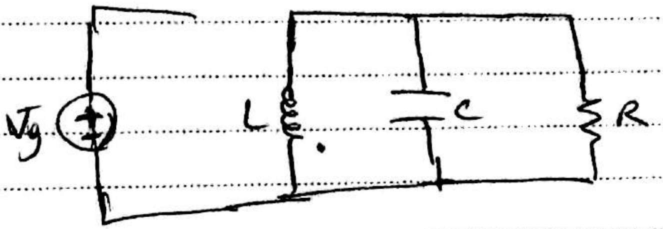
اگر مدار بالا را با یک سلف (یا سلف گذر) مدل کنیم، داریم: (اما در عمل بیشتر LC ها را استفاده می‌کنند)



buck-Boost converter

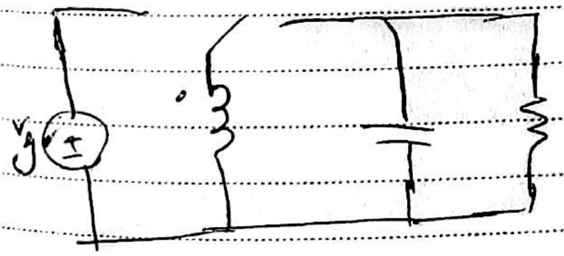
وضعیت ۱ (هر دو در ۱)





در حالت قبل که نقطه به سر مثبت منبع وصل بود، این بار به سمت منفی منبع وصل شده است.

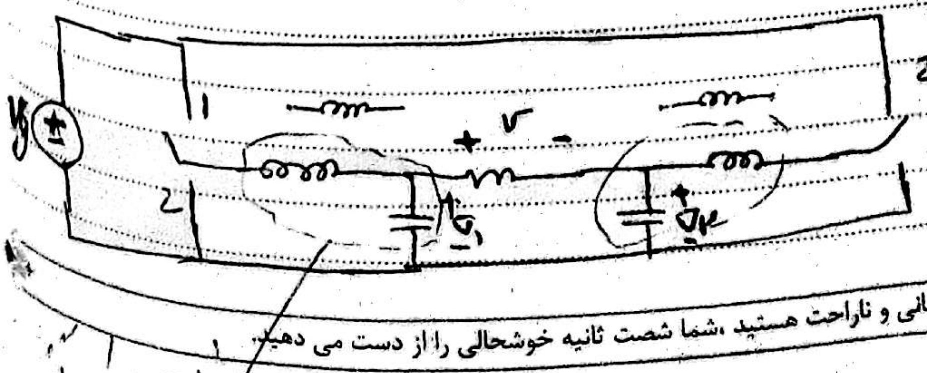
BUCK-BOOST inverter



---

Page 15، اگر جای پایه‌های SPDT عوض شود (جای 1 و 2) ←

D تبدیل به D-1 می شود.

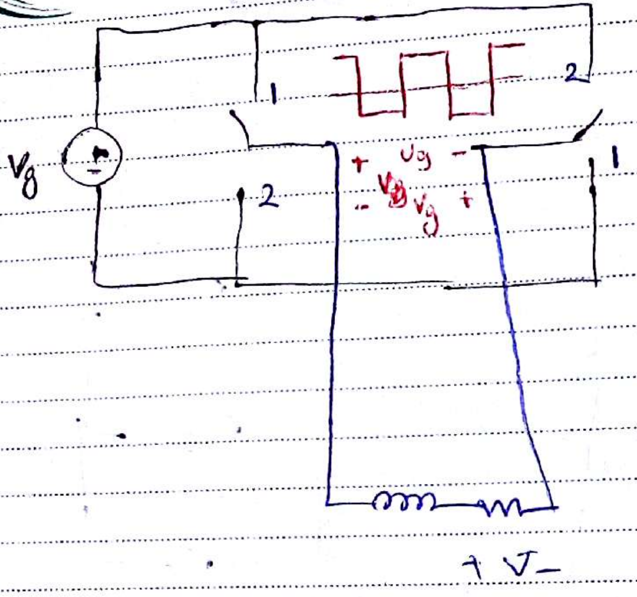


$V = DV_g - D'V_g$

$V = (2D-1)V_g$

علت را بررسی

$v = (2D-1)\ V_g$



$0 \leq D = 0.5 + 0.5\sin(\omega t) \leq 1$

$v = V_g \sin(\omega t)$

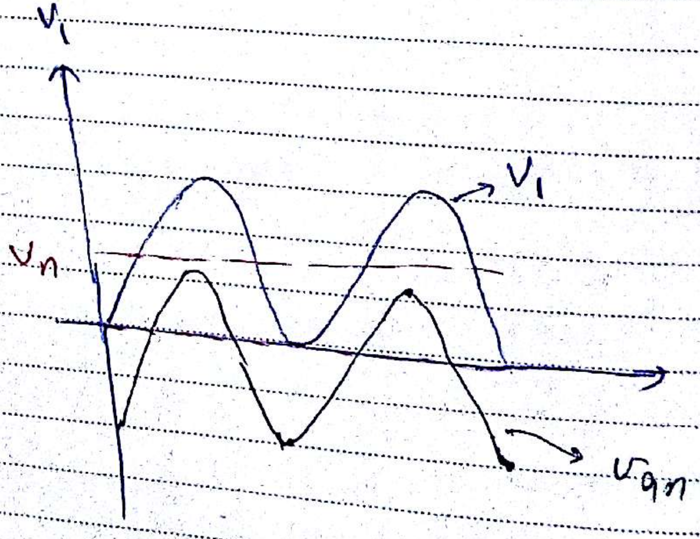
خودمون در نظر گرفتیم.

حداکثر Gain در مبدل Buck برابر 2 می‌باشد

Page 17 :

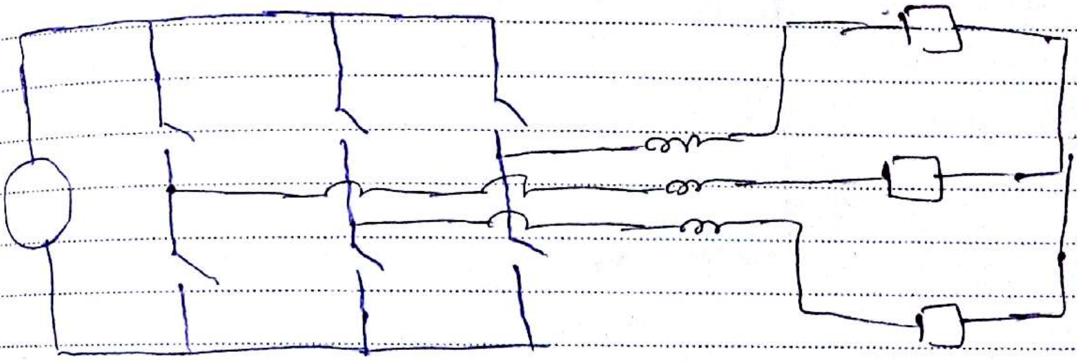
هم در $V_1$ و هم در $V_n$ ، دارای مقدار DC می‌باشیم. اما $V_{an}$ ، سینوسی خالص می‌باشد.

$V_{an} = V_1 - V_n$



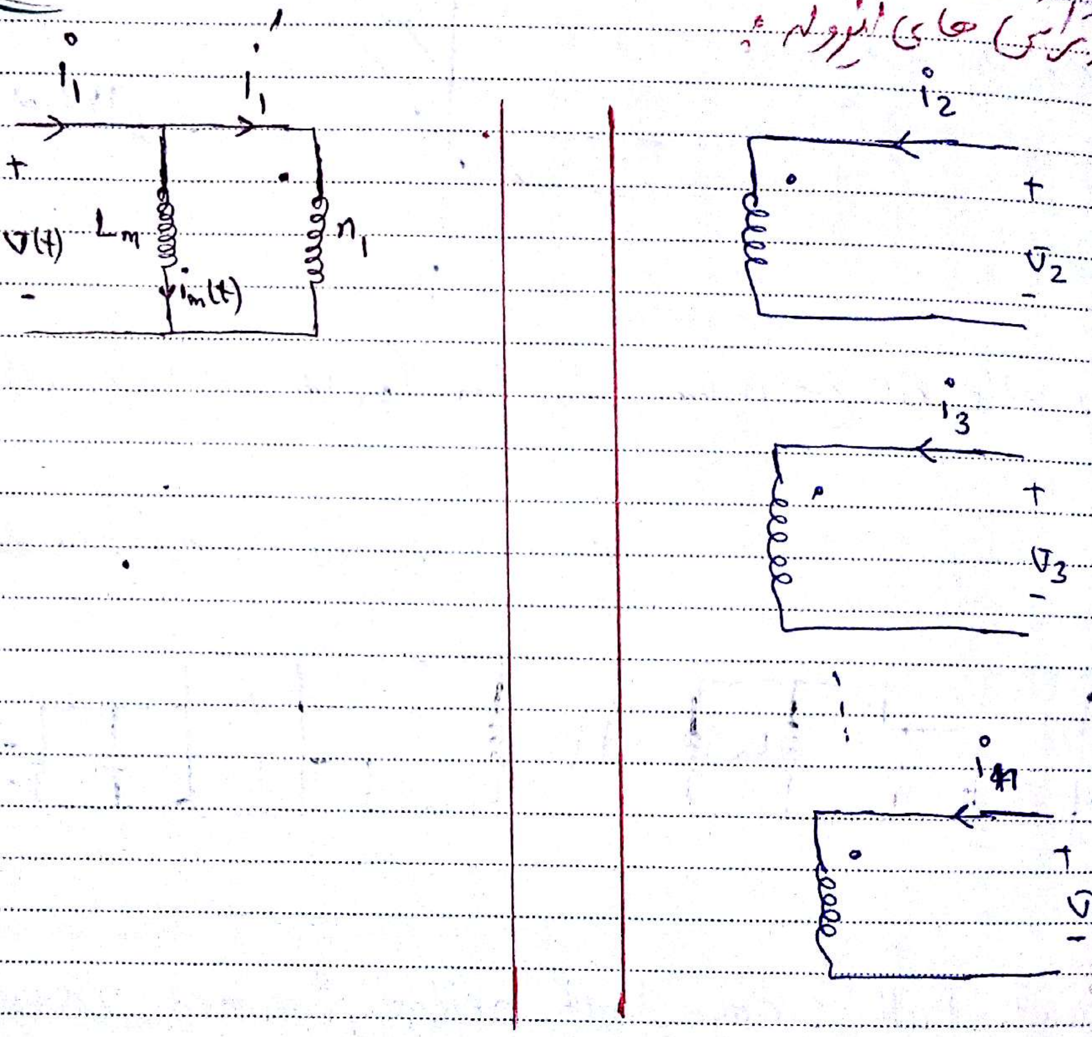
تیر

برای تک فاز، 4تا سوئیچ لازم است اما برای 3 فاز، 6تا سوئیچ لازم است



در ادامه‌ی درس، بحث در مورد ورودی و خروجی تکی یا دوتایی بود.

استفاده از ترانس‌های ایزوله:



$$n_1 i_1' + n_2 i_2 + \cdots + n_n i_n = 0$$

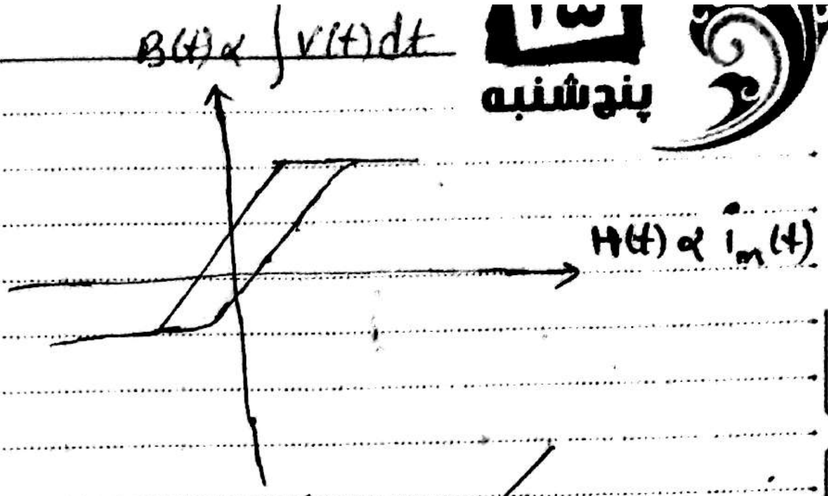
$$L_m \frac{d i_m}{dt} = v_1(t) \Longrightarrow \int_T d\, i_m(t) = \frac{1}{L_m} \int_T v(t)\, dt$$

$$i_m\big((n+1)T\big) - i_m(nT) = \frac{1}{L_m} \int_T v(t)\, dt$$

چون جریان زیاد می‌شود، به اشباع می‌رود، بنابراین نباید جریان زیاد شود.

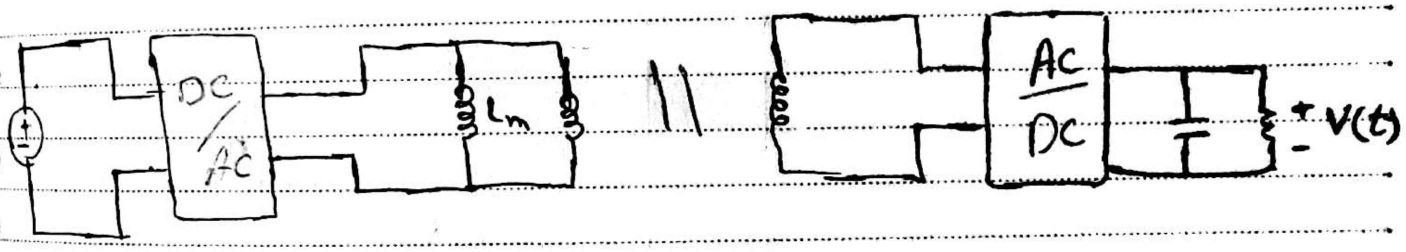
$$i_m\big((n+1)T\big) - i_m(nT) = 0 \Longrightarrow$$

$$\int_T v(t)\, dt = 0$$

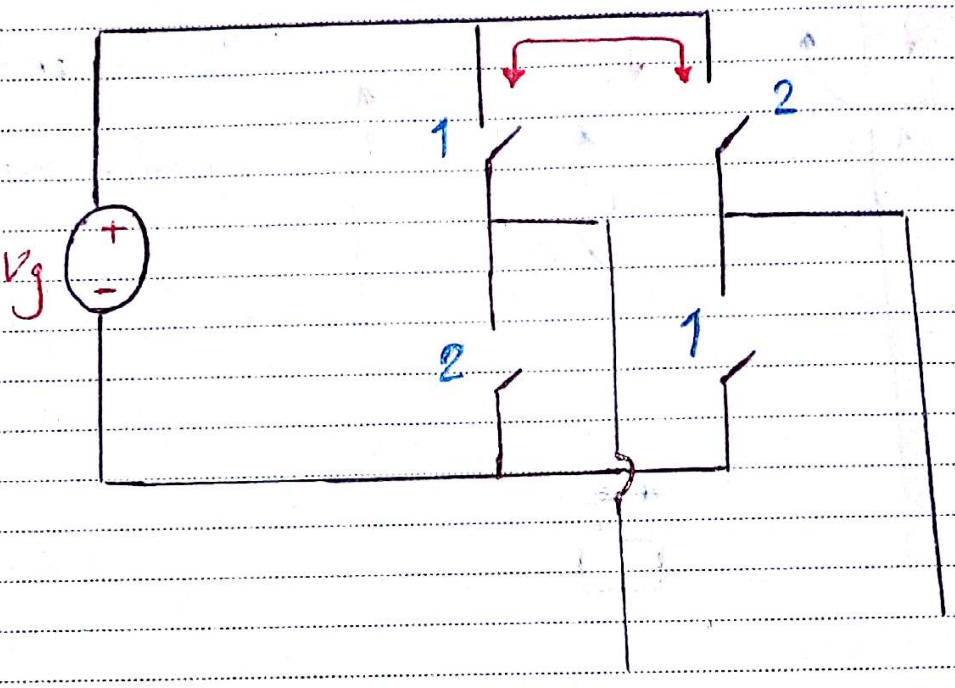


بنابراین، برای اینکه $\int v(t)dt = 0$ داشته باشیم، باید یک منبع AC خالص داشته باشیم

⟸ بنابراین نیاز به یک ترانس ایزوله داریم.



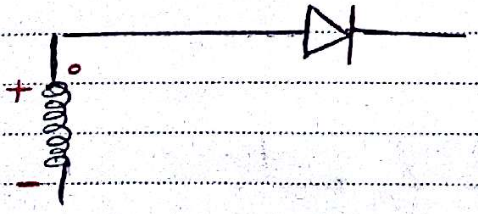
- Buck: Full_bridge, Half_bridge, forward, push pull
- Boost: "
- Buck_Boost: Fly back



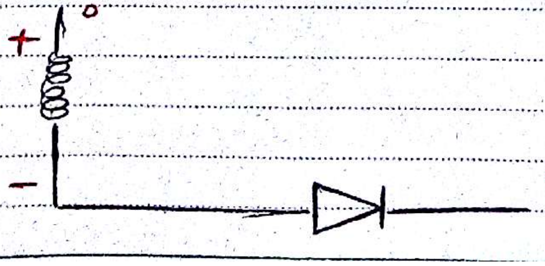
اگر در حالت 1 باشند ← $V_{out} = V_g$

اگر در حالت 2 باشند ← $V_{out} = -V_g$

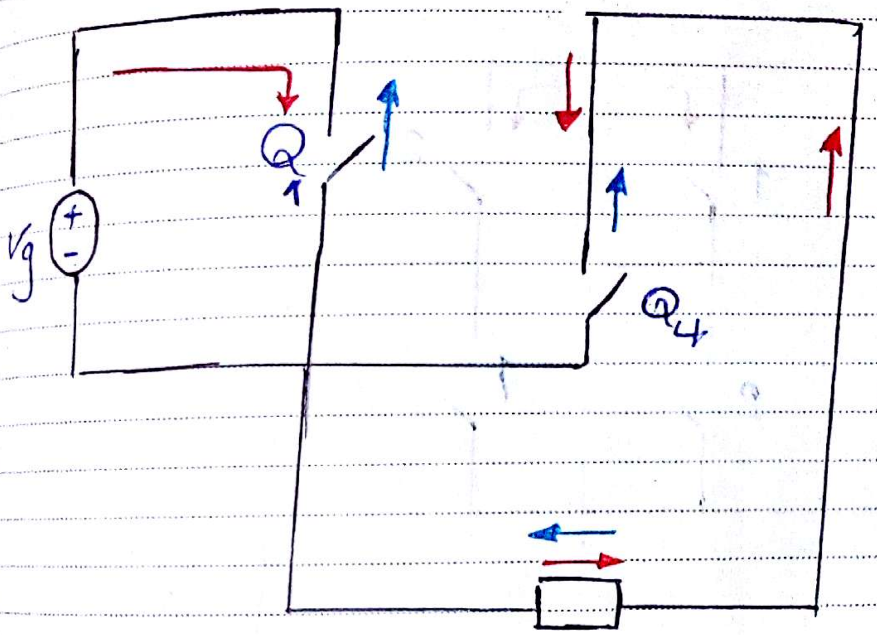
اگر 1 و 2 باهم ← $V_{out} = 0$



⟹ دیود روشن



⟹ با بایاس معکوس دیود خاموش



آبی: جهت جریان

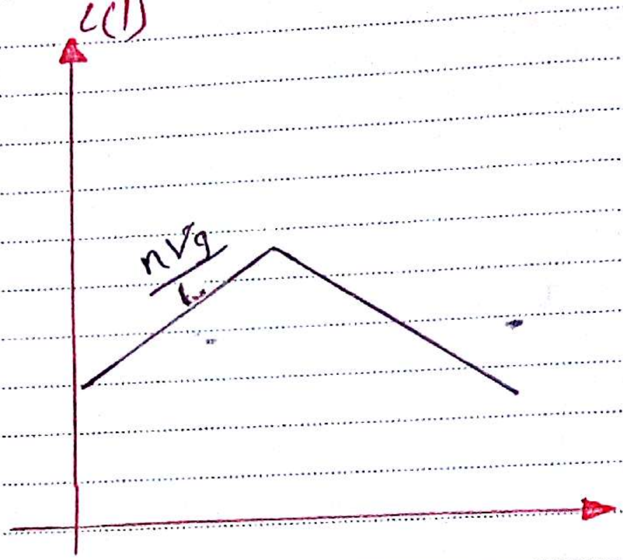
دیود (معکوس)

قرمز: جهت سوئیچ

(مستقیم)

$$\overbrace{\boxed{i_1 - i_m}}^{\substack{\text{به سر نقطه‌دار وارد شد} \\ i'}} - \underbrace{n i_{D_5}}_{\text{از سر نقطه‌دار خارج شد}} + \overbrace{n i_{D_6}}^{\text{به سر نقطه‌دار وارد شد}} = 0$$

$$L_m \frac{di_m}{dt} = V_T = 0 \Longrightarrow i_m = cte$$



به خاطر تقارن، در بخش ۴، $Q_2$ و $Q_4$ را اجرا می‌کند.

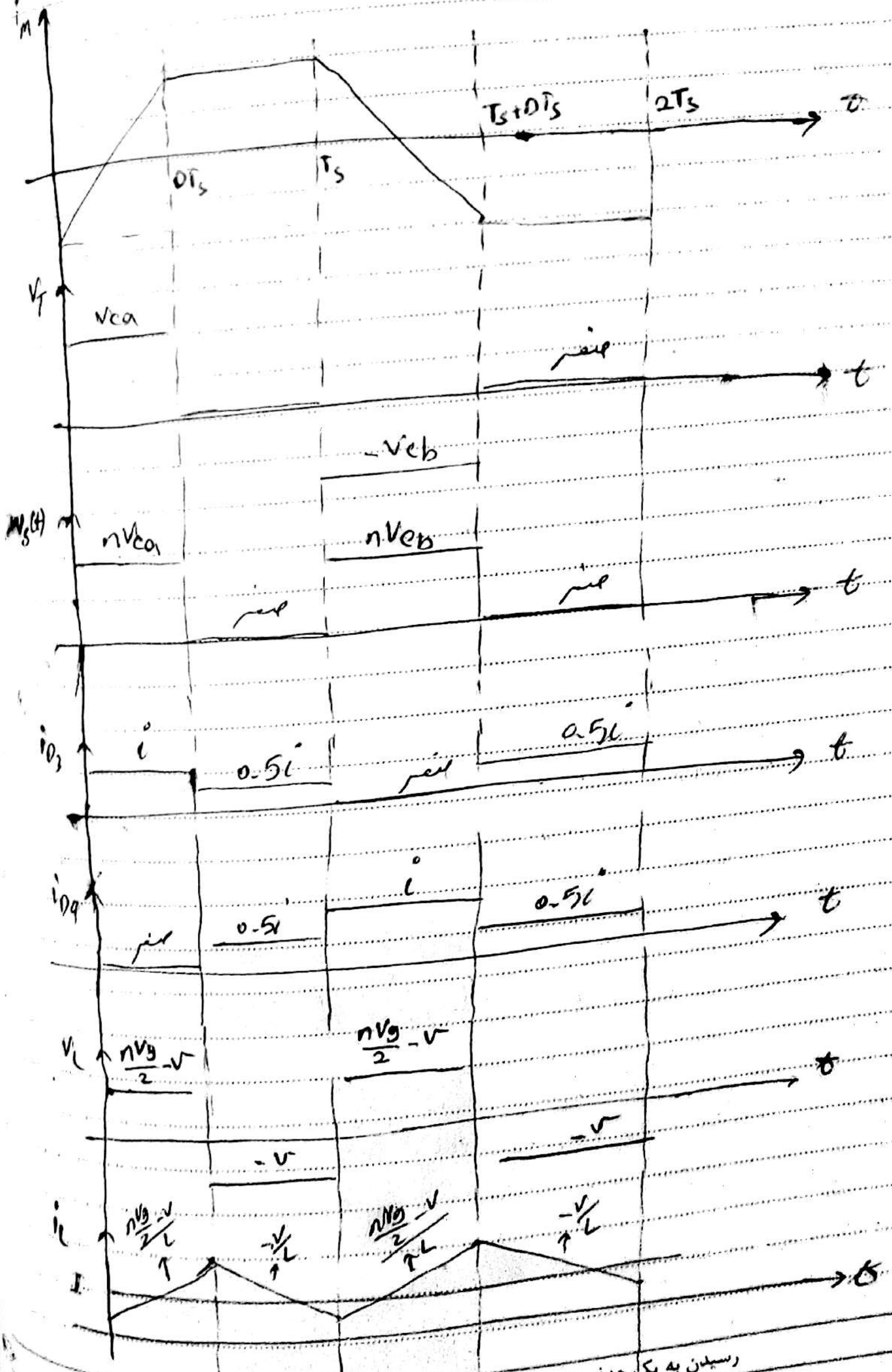
شرط اینکه volt_sec برای $L_m$ برقرار باشد، اینکه سوئیچ‌ها یکسان عمل کنند.

تا اینجا درمورد half-bridge بود، حالا می‌خواهیم درمورد full bridge صحبت کنیم.

فرق full-bridge با half bridge این است که دو تا خازن به جای سوئیچ قرار می‌دهیم.

در اینجا هم ۴ حالت عملکردی داریم.

فرض کنیم که $V_{ca}$ ، ولتاژ مثبتی است، بنابراین باعث افزایش $L_m$ می‌شود.

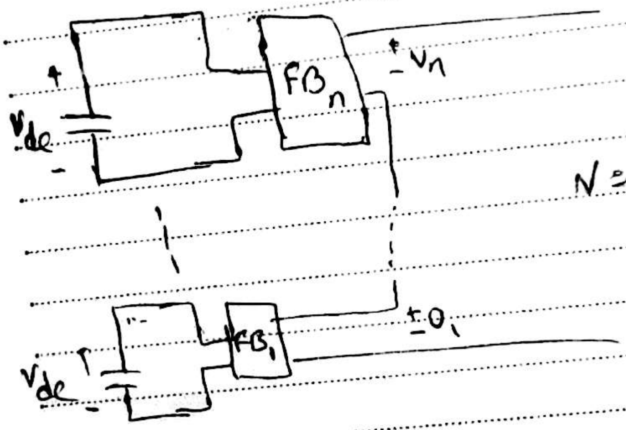

$i_m$
$DT_s$
$T_s$
$T_s+DT_s$
$2T_s$
t
$V_T$
Vca
صفر
-Veb
$v_s(t)$
nVca
nVeb
صفر
صفر
$i_{D3}$
i
0.5i
صفر
0.5i
$i_{D4}$
صفر
0.5i
i
0.5i
t
$v_L$
$\frac{nV_g}{2}-v$
$\frac{nV_g}{2}-v$
$-v$
$-v$
t
$i_L$
$\frac{\frac{nV_g}{2}-v}{L}$
$-\frac{v}{L}$
$\frac{\frac{nV_g}{2}-v}{L}$
$-\frac{v}{L}$
I
t

رسیدن به یک هدف، شروع نقطه ای برای هدف دیگر است.

خازن‌ها جای سوئیچ : گذاشته می شود ( بهتر )

در مدولاسیون ، فرمان کمتری صادر می شود ( اما زیاد مهم نیست ، مثلا به جای دو دستور ، 4 دستور بدهد ، مشکلی نیست )

نخواهیم ولتاژ زیادی ایجاد کنیم .

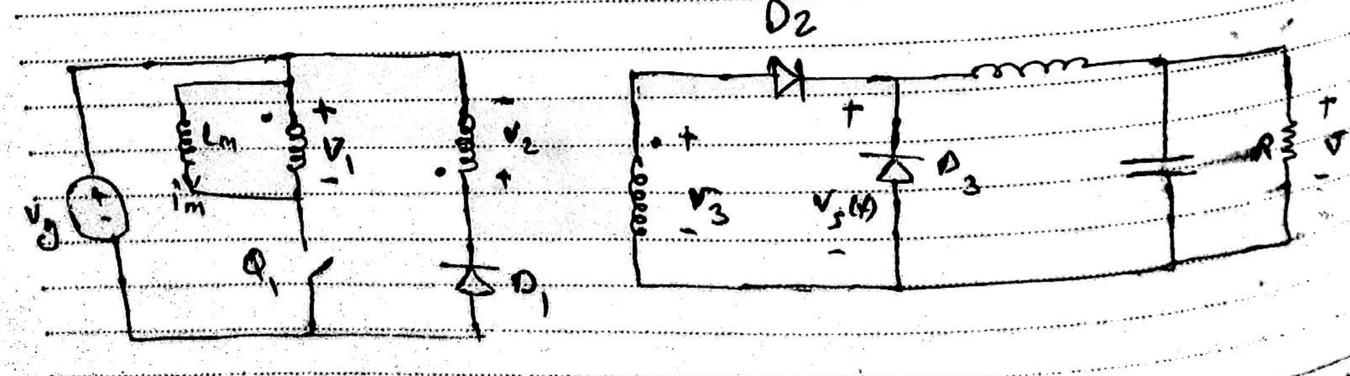

+
$V_{dc}$
-
$FB_n$
$+V_n-$
$FB_1$
$+V_1-$
+
$V_{dc}$
-

$V = V_1 + \dots + V_n$

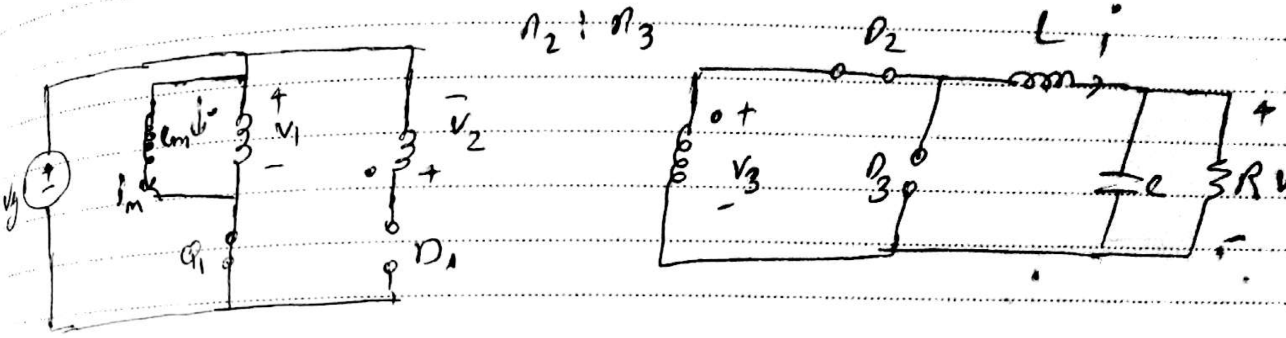
full-bridge ، half-bridge ، forward ⇐ مبدل buck هستند .

در forward ، حالت DCM وجود ندارد ، یعنی ممکن همزمان دیود سوئیچ با هم قطع باشه ، این امر یک کار ضروری است . باید انجام بشه .

Forward


$v_g$
$L_m$
$i_m$
$+ v_1 -$
$- v_2 +$
$Q_1$
$D_1$
$D_2$
$+ v_3 -$
$+ v_s(t) -$
$D_3$
R
$+ v -$

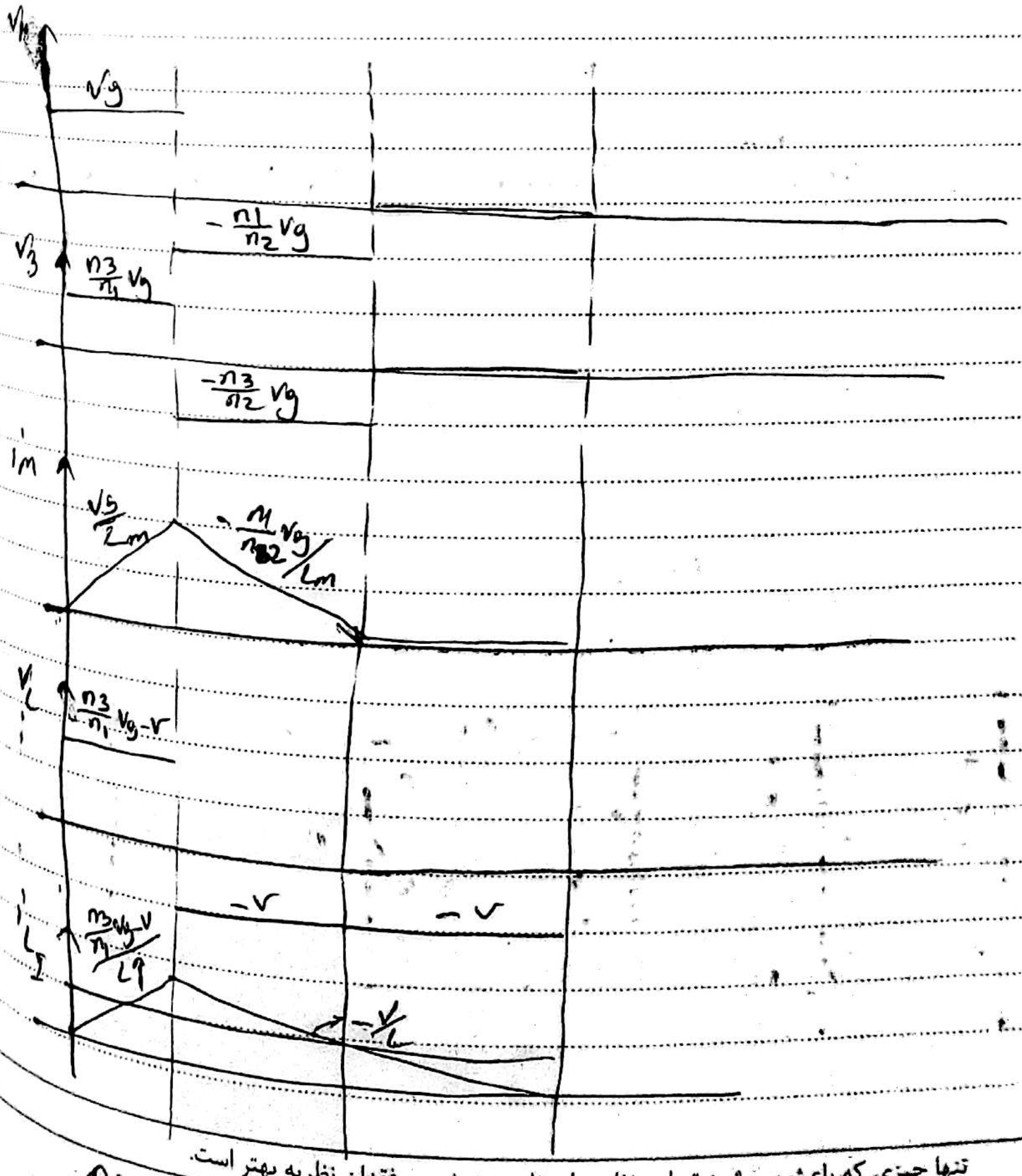
1) $0 \leq t \leq DT_s$     $Q_1$ : on



$n_2 : n_3$
$v_g$
$L_m$
$i_m$
$v_1$
$v_2$
$Q_1$
$D_1$
$D_2$
$D_3$
$v_3$
L
i
C
R
v

$v_1 = v_g \longrightarrow D_1$ : OFF چون سر مثبتش به منفی وصل شد

$v_3 = \frac{n_3}{n_1} v_g$



$Q_1$(on)     $D_1$(on)     $D_3$(on)

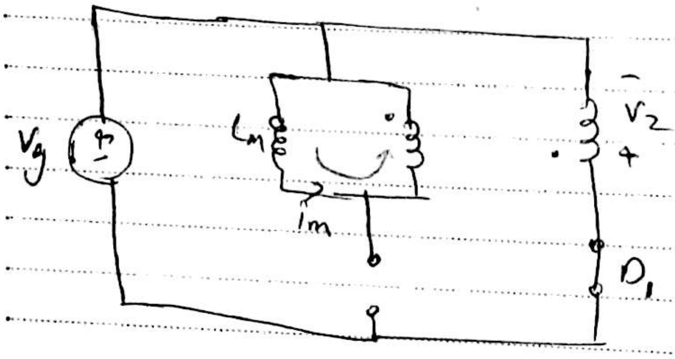
$D_2$(on)

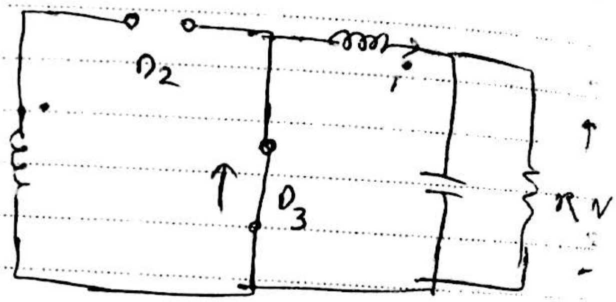
$D_3$(on)

2) چون جریان از سر نقطه‌دار خارج می‌شود، بنابراین سر نقطه‌دار $V_2$ را منفی می‌کند

← $D_1$ در بایاس مستقیم . ، سر نقطه‌دار منفی $V_2$ ، باعث می‌شود که سر نقطه‌دار

$V_3$ نیز منفی شود ← $D_2$ در بایاس معکوس قرار می‌گیرد.





$D_1$ را بایاس معکوس می‌کند.

③ ← $i_m=0$

③-Ⓑ $i_m=0$ ← بنابراین هیچ ولتاژی القا نمی‌شود ← ولتاژهای دیگر هم صفر می‌شود

دیودهای $D_1$ و $D_2$ خاموش ولی $D_3$ روشن، چون L حلقوی ولتاژش باید و جهت آن از $D_3$

جریان عبور می‌کند.

برای اینکه از اشباع رفتن $i_m$ جلوگیری کنیم، مجبوریم mode ، DCM را ادامه بدیم

برای اینکه Forward درست عمل کند:

$$\begin{cases} D_1 V_g + D_2\left(\frac{-n_1}{n_2} V_g\right) + D_3 \times 0 = 0 \\ D_1 + D_2 + D_3 = 1 \end{cases}$$

(volt-second $L_M$)

$$D_3 = 1 - D_1 - D_2 = 1 - D_1 - \left(\frac{n_2}{n_1} D_1\right) V_g$$

چون باید در حالت DCM
کار کند، تا $L_m$ ما دارای جریان
نباشد. (اشباع نشود)

$$D_3 = 1 - \left(1 + \frac{n_2}{n_1}\right) D_1 \geq 0 \Rightarrow D_1 \leq \frac{1}{1 + \frac{n_2}{n_1}}$$

$n_1 : n_2 : n_3$

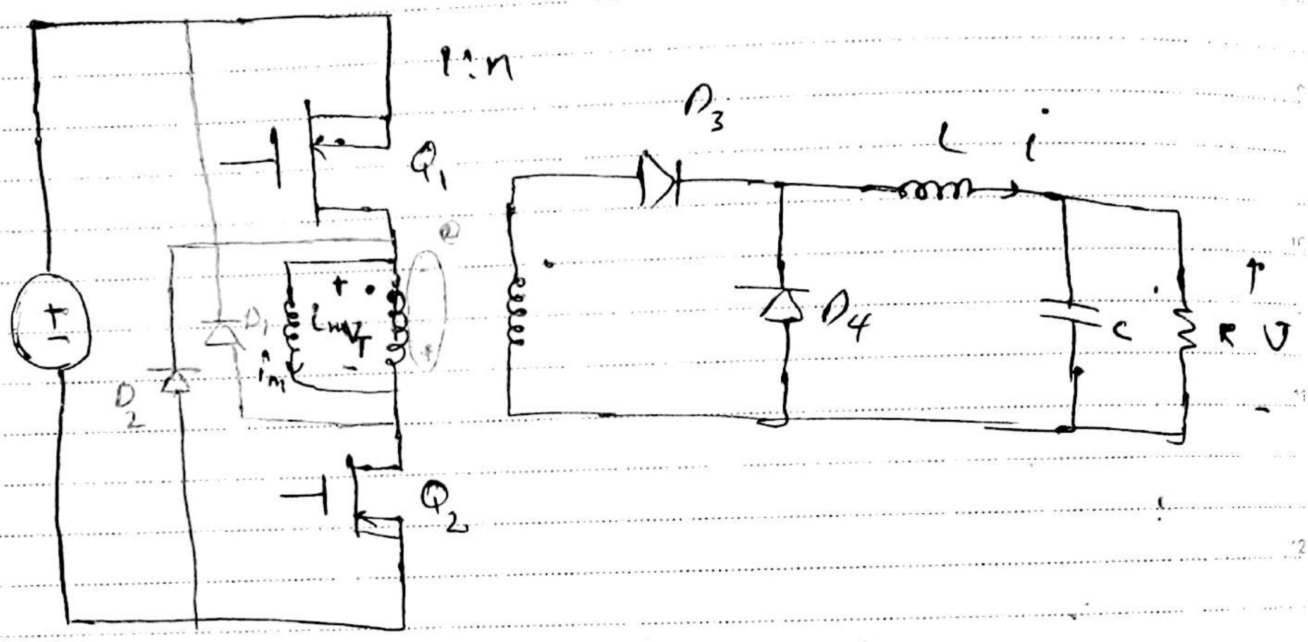
$1 : 1 : n \longrightarrow \boxed{D_1 = D \leq 0.5}$ ✓✓

$$\begin{cases} V_2 = -V_g \\ V_1 = \frac{n_1}{n_2}(-V_g) \end{cases} \Rightarrow D\left(\frac{n_3}{n_1} V_g - V\right) + (1-D)(0 - V) = 0$$

$$D \underbrace{\frac{n_3}{n_1}}_{\text{ضریب}} V_g = V$$

شبیه مبدل Buck
شده

در بعضی از مقالات، به ۲، ۵ مبدل Forward - مبدل [illegible] می‌شود.



1) $Q_1, Q_2$ : ON , $D_3$ : ON , $D_4$ : OFF , $D_1, D_2$ : OFF

$v_T = v_g$

2) $Q_1, Q_2$ : OFF , $D_1, D_2$ : ON , $D_3$ : OFF , $D_4$ : ON

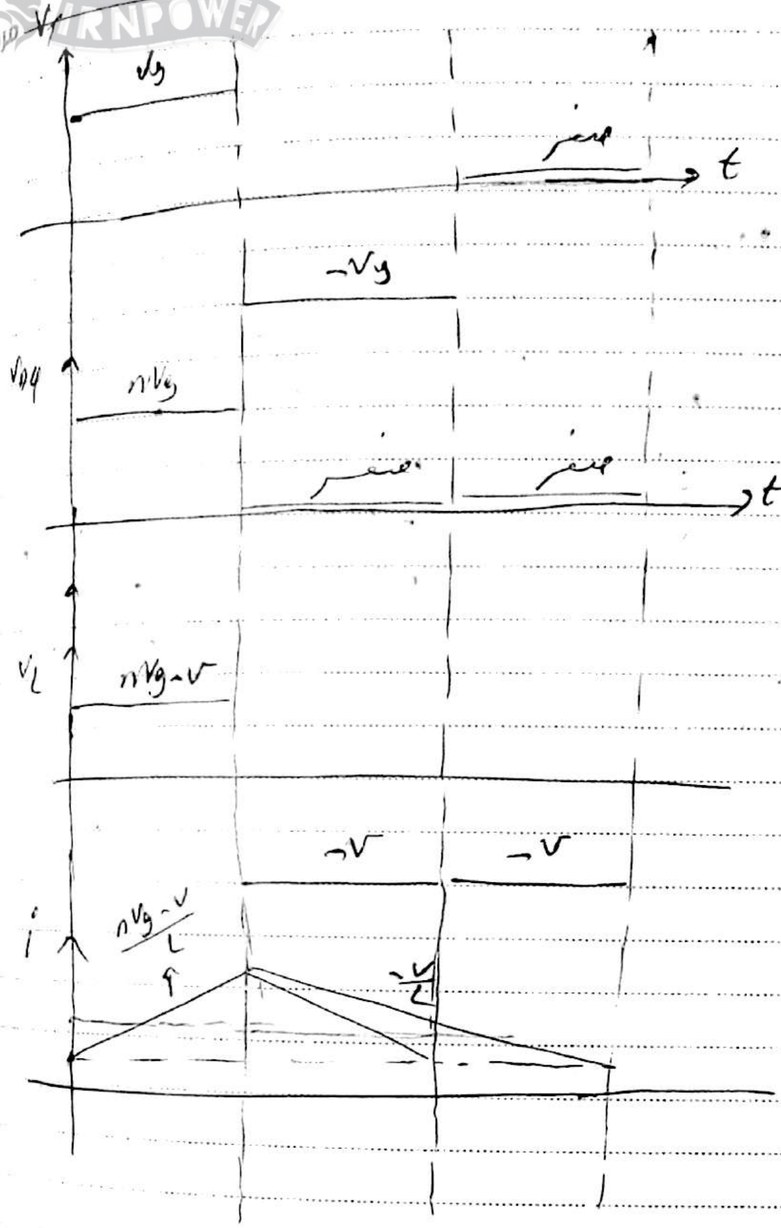
$v_T = -v_g$

3) چون می‌خواهیم برای بعدی برسیم (منظور از $T_s$ بعدیه)، بنابراین $D_4$ باید روشن باشد تا انرژی سلف را مصرف کند

$Q_1, Q_2$ : OFF $D_3$ : OFF

$D_1, D_2$ : OFF $D_4$ : ON

اقدام بدون برنامه ریزی دلیل هر شکستی است.
سالروز: عملیات افتخار آفرین مرصاد

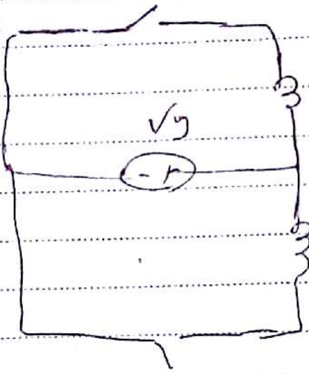

$V_1$
$V_g$
صفر
$t$
$-V_g$
$V_{pq}$
$nV_g$
صفر
صفر
$t$
$V_L$
$nV_g - V$
$-V$
$-V$
$i$
$\frac{nV_g - V}{L}$
$-\frac{V}{L}$

در حالت [illegible] ، [illegible] شده ، باعث [illegible] می‌شود که $\frac{V}{V_g}$ ماکسیمم شود [illegible]

شود.

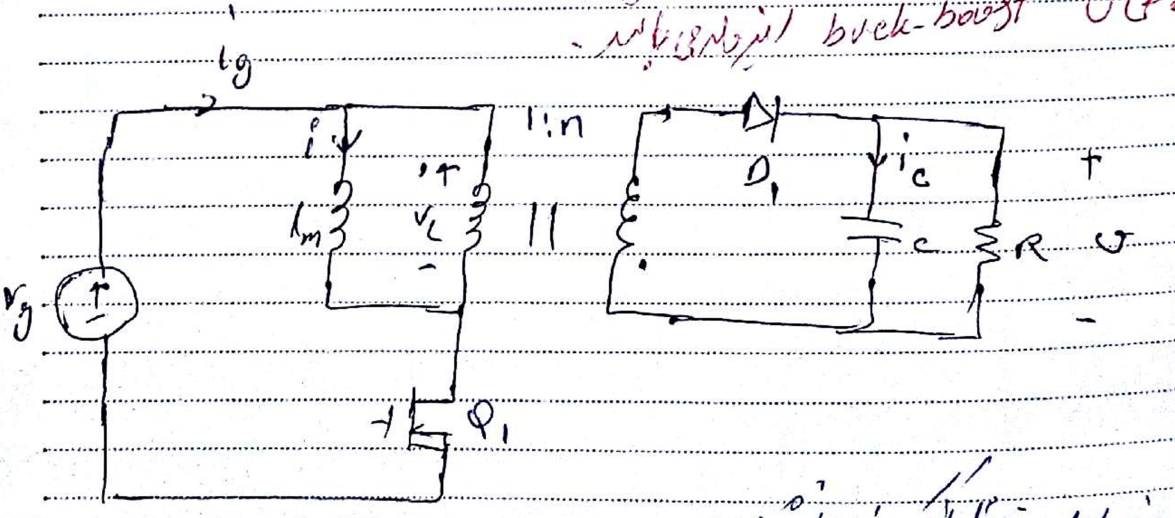
bridge
push-pull ، شبیه full ها می‌باشد - [illegible]

+ صفر - صفر



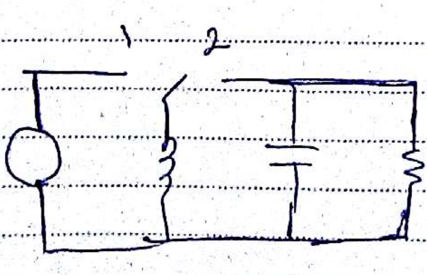
buck-boost
flyback : شبیه boost می‌باشد (البته با استفاده از ترانس ایزوله)

یعنی buck-boost ایزوله می‌باشد.



باید جای n را طوری دو قطبی کنیم که زیاد نشود

مبادا به منبع نرود



## ۸
## پنج‌شنبه

$$S = \sum_{j=1}^{k} V_j I_j$$

$I_j$ : جریان عبوری هر سیم‌پیچ

$V_j$ : ولتاژ اعمالی هر سیم‌پیچ

$$\nu = \frac{P_{load}}{S}$$

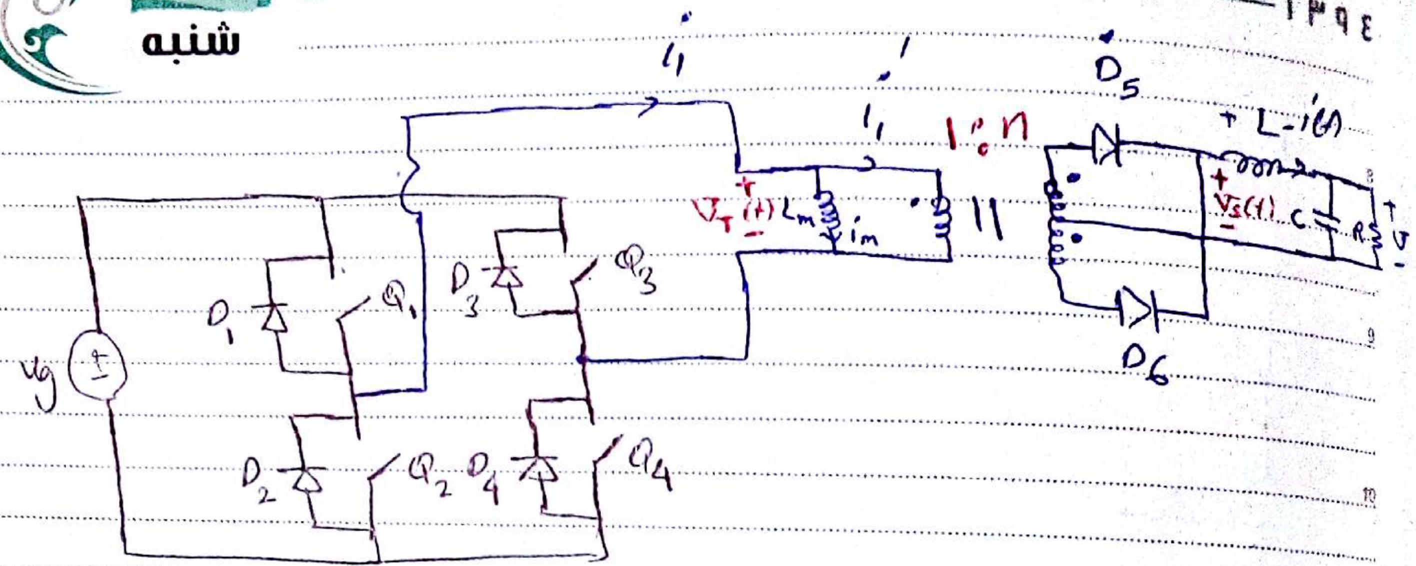
ضریب استفاده

## ۹
## جمعه

مسائل را در همان سطح آگاهی که به وجود آمده است نمی توان حل کرد.

روز اهدای خون

# full-bridge


$i_1$
$i_1$
1 : n
$D_5$
+ L - $i(t)$
$V_T(t)$
$L_m$
$i_m$
$V_s(t)$
C
R
V
$D_6$
$Q_1$
$Q_2$
$Q_3$
$Q_4$
$D_1$
$D_2$
$D_3$
$D_4$
Vg

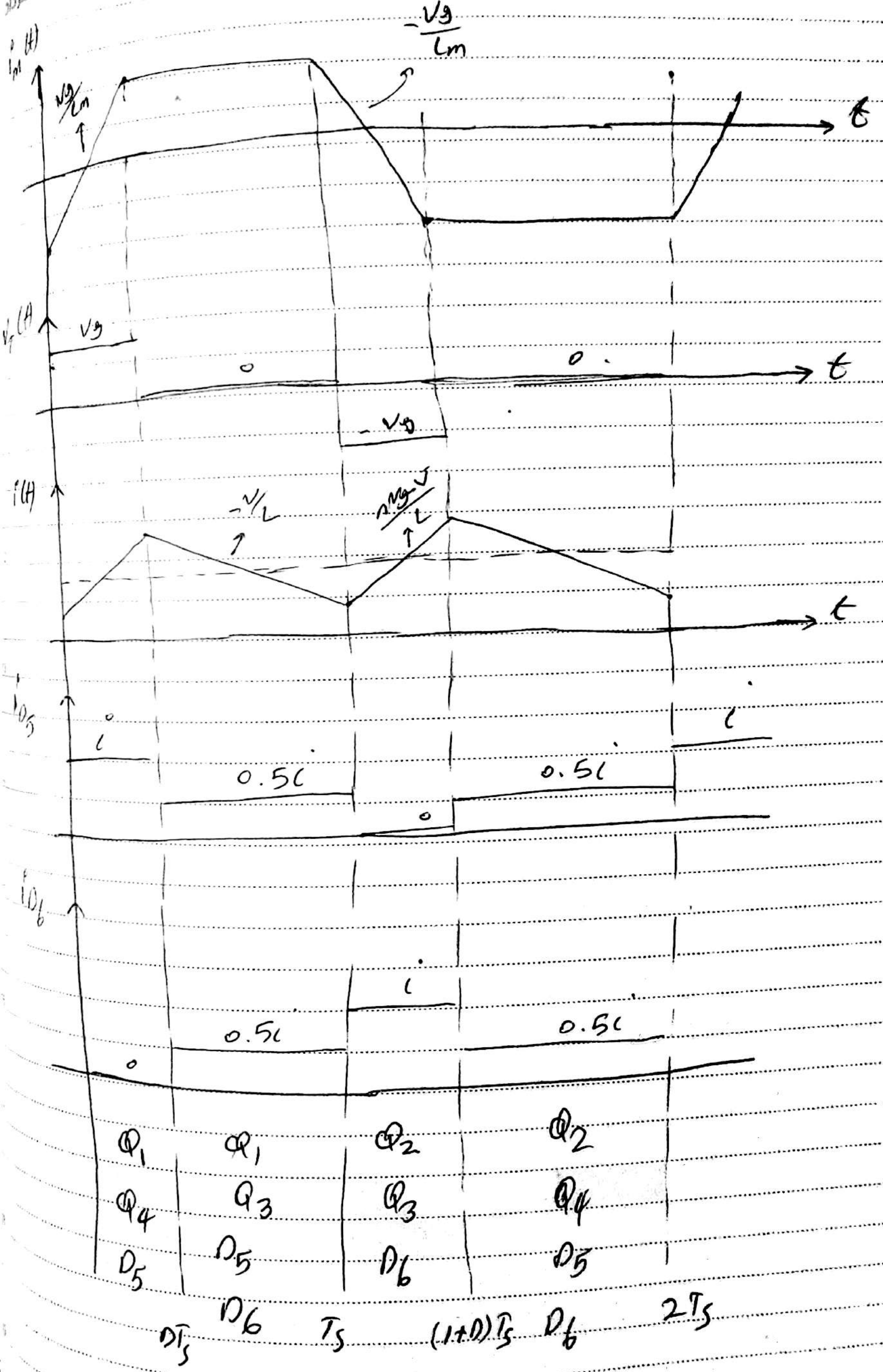
$$\begin{cases} i_{D_5} + i_{D_6} = i \\ i_1 - i_m - n\, i_{D_5} + n\, i_{D6} = 0 \end{cases} \xRightarrow{\text{region 2:}} \begin{cases} i_{D_5} = 0.5 i + \frac{1}{2n} i_m - \frac{1}{2n} i_1 \\ i_{D_6} = 0.5 i - \frac{1}{2n} i_m - \frac{1}{2n} i_1 \end{cases}$$

volt-sec balance of $L_m$:

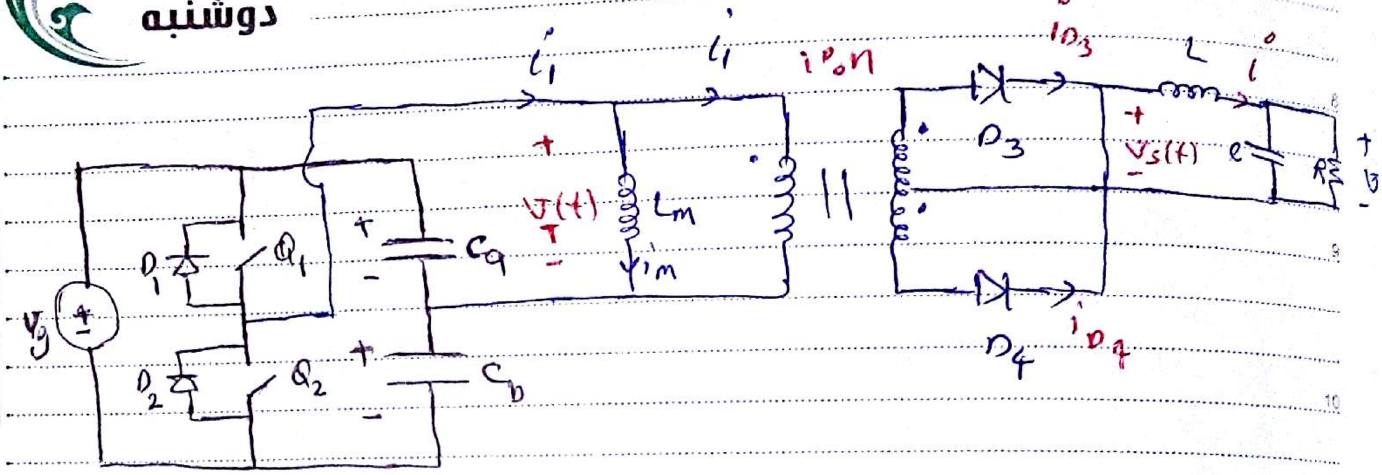
$$D(V_g - V_{on\,Q_1} - V_{on\,Q_4}) + (1-D) \times 0 + D(-V_g + V_{on}\,Q_2 + V_{on}\,Q_3)$$
$$+ (1-D) \times 0 = 0$$

volt-sec balance of L:

$$D(nV_g - V) + (1-D)(0 - V) = 0 \rightarrow V = nDV_g$$


$i_m(t)$
$V_g/L_m$
$-V_g/L_m$
t
$v_T(t)$
$V_g$
0
0
$-V_g$
t
$i(t)$
$-V/L$
$nV_g-V/L$
t
$i_{D_5}$
i
0.5i
0
0.5i
i
$i_{D_6}$
0
0.5i
i
0.5i
$Q_1$ $Q_4$ $D_5$
$Q_1$ $Q_3$ $D_5$ $D_6$
$Q_2$ $Q_3$ $D_6$
$Q_2$ $Q_4$ $D_5$ $D_6$
$DT_s$
$T_s$
$(1+D)T_s$
$2T_s$

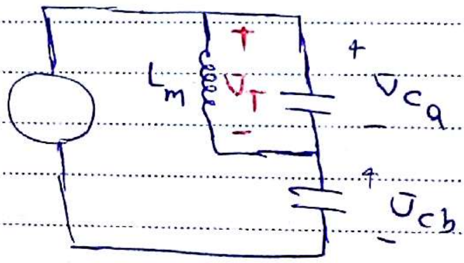
Half-bridge:


$i_1$
$i_1$
$i_{on}$
$i_{D_3}$
L
i
$D_3$
$D_4$
$i_{D_4}$
$v_s(t)$
C
R
v
$V_g$
$D_1$
$Q_1$
$D_2$
$Q_2$
$C_a$
$C_b$
$v_T(t)$
$L_m$
$i_m$

① $0 \leq t \leq DT_s$

$Q_1$ : on

$D_3$ : on

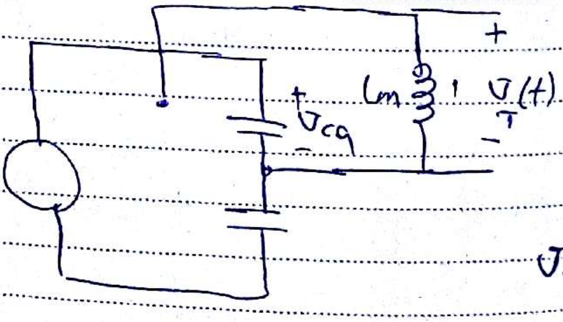

$L_m$
$v_T$
$v_{ca}$
$v_{cb}$

$v_T(t) = v_{ca}$

② $DT_s \leq t \leq T_s$

$Q_1$ : OFF , $Q_2$ : OFF

$D_3$ : ON , $D_4$ : ON

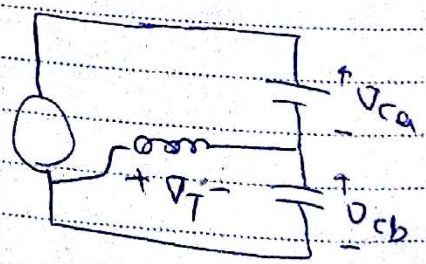


$v_T(t) = 0$

③ $T_s \leq t \leq (1+D)\,T_s$

$Q_1$ : OFF , $Q_2$ : ON

$D_4$ : ON

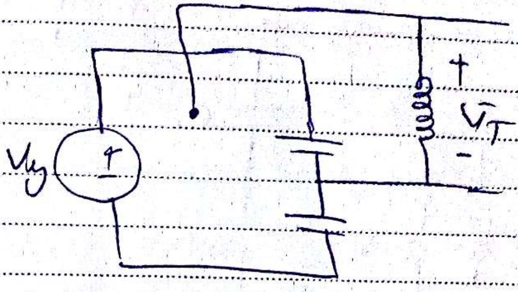


$v_T(t) = -v_{cb}$

④ $(1+D)T_s \leq t \leq 2T_s$

$Q_1$, $Q_2$ : OFF

$D_3$, $D_4$ : ON



volt-sec balance of $L_m$:

$$\begin{cases} D(V_{ca}) + D(-V_{cb}) = 0 \\ V_{ca} + V_{cb} = V_g \end{cases}$$

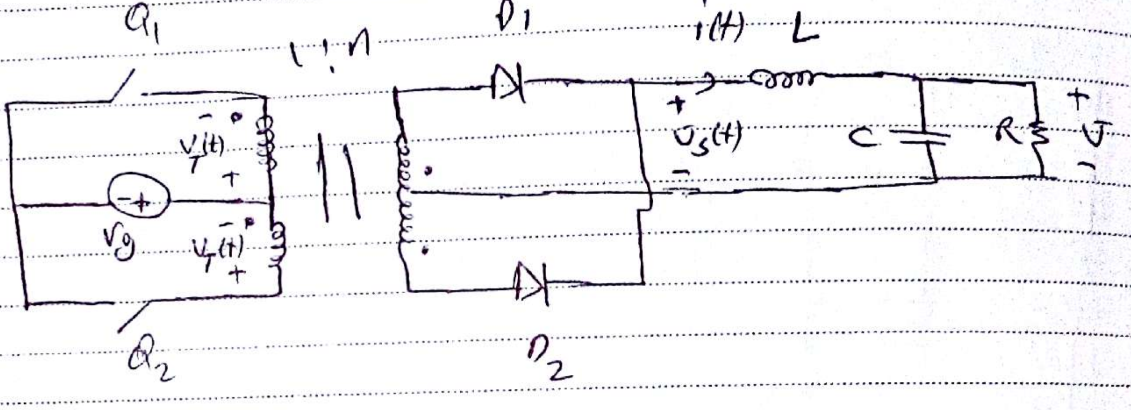
$$V_{ca} = V_{cb} = \frac{V_g}{2}$$

volt-sec balance of $L$:

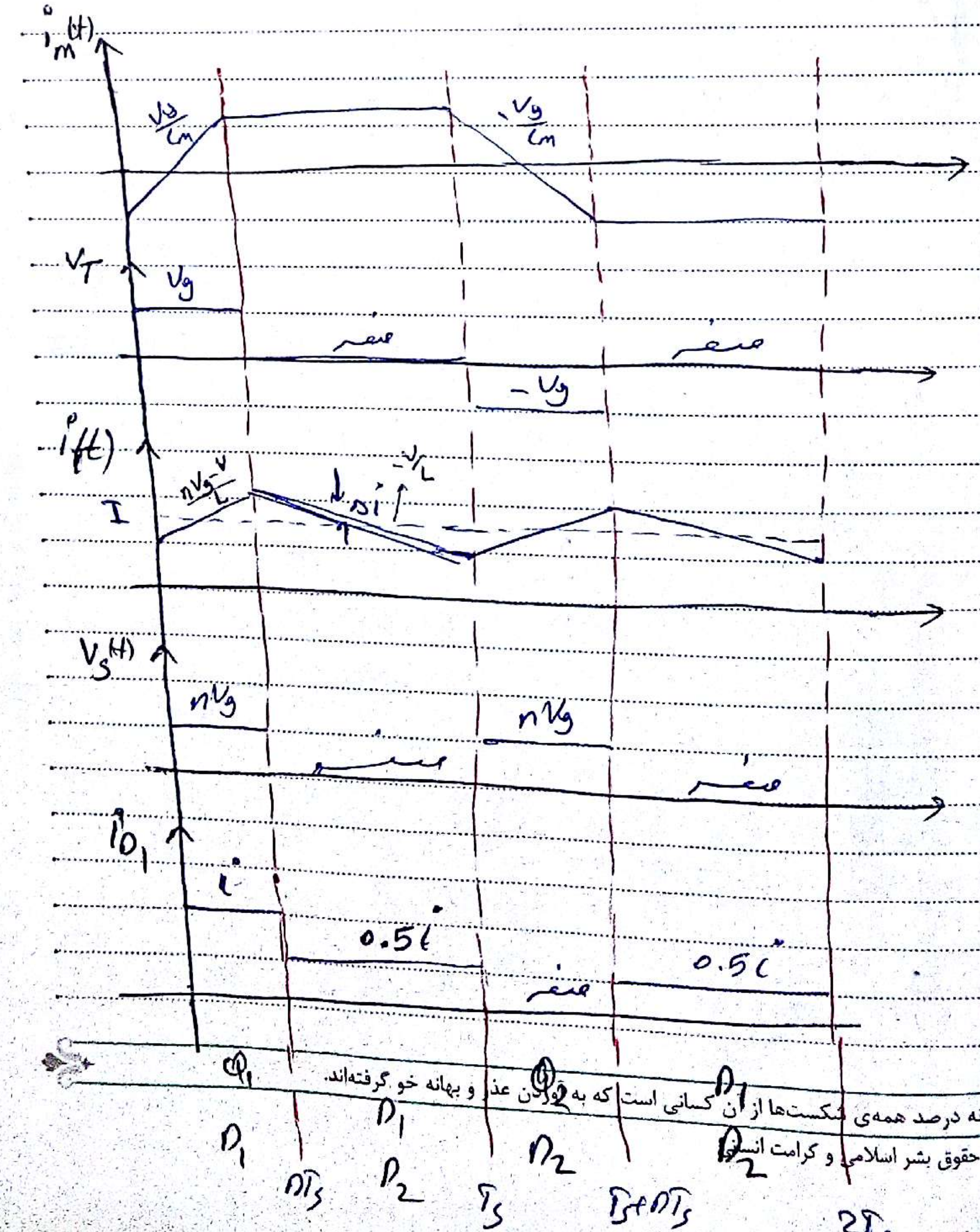
$$D(0.5\, nV_g - V) + (1-D)(0 - V) = 0$$

$$V = 0.5\, nD\, V_g$$

~~Forward~~ push-pull isolated buck converter

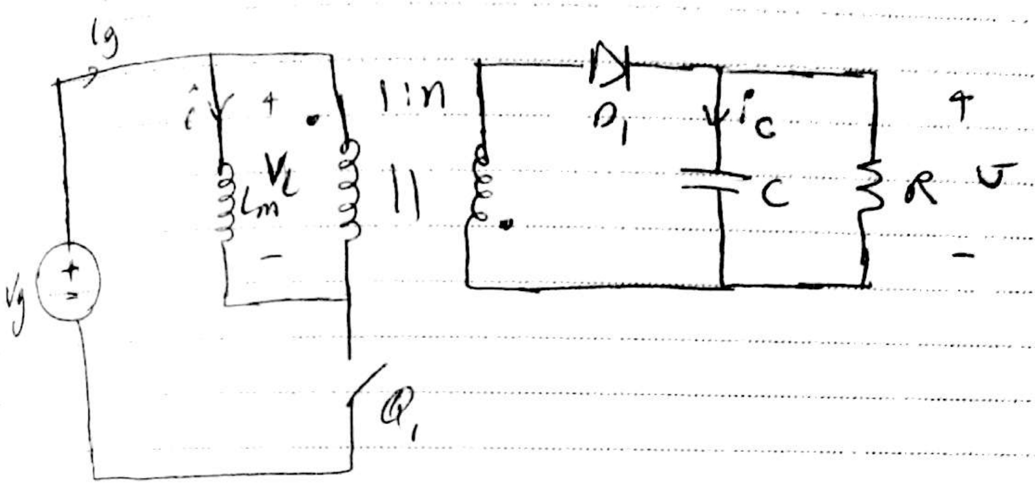

Q1
Q2
1 : n
D1
D2
i(t)
L
V_g
v_T(t)
v_T(t)
v_s(t)
C
R
V
+
-

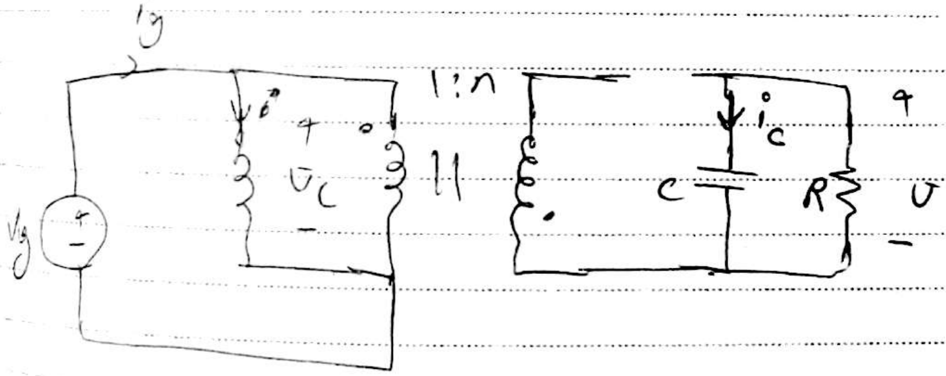
$V = nDV_g \qquad 0 \leq D \leq 1$



IRANPOWER

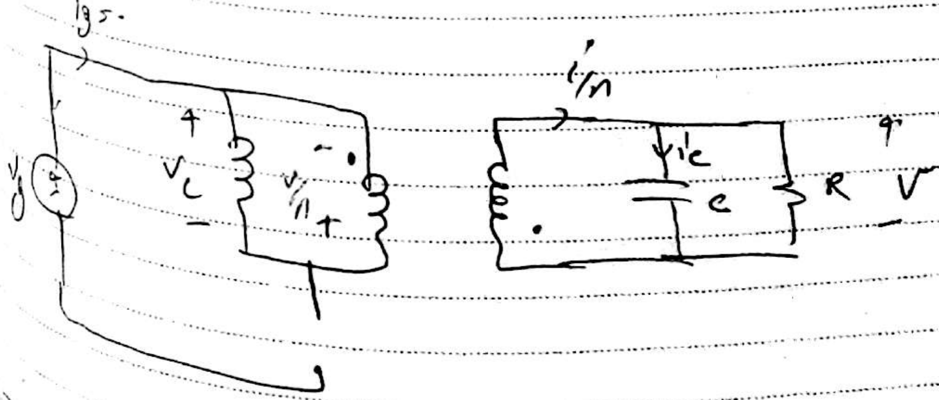
Fly back converter


$i_g$
$i$
+
$V_L$
$L_m$
-
1:n
$D_1$
$i_C$
C
R
+
$v$
-
$V_g$
$Q_1$


$i_g$
$i$
+
$v_L$
-
1:n
$i_C$
C
R
+
$v$
-
$V_g$

$v_L = v_g$ , $i_C = -v/R$ , $i_g = i$

SRA ⇒ $v_L = V_g$ , $i_C = -\frac{V}{R}$ , $i_g = I$


$i_g = 0$
+
$v_L$
-
-
$v/n$
+
$i/n$
$i_C$
C
R
+
$V$
-
$V_g$

$v_L = -V/n$ , $i_C = I/n - V/R$ , $i_g = 0$

SRA ⇒ $v_L = -\frac{V}{n}$ , $i_C = \frac{I}{n} - \frac{V}{R}$

volt-sec balance:

$\langle v_L \rangle = D(V_g) + D'(-V/n) = 0$

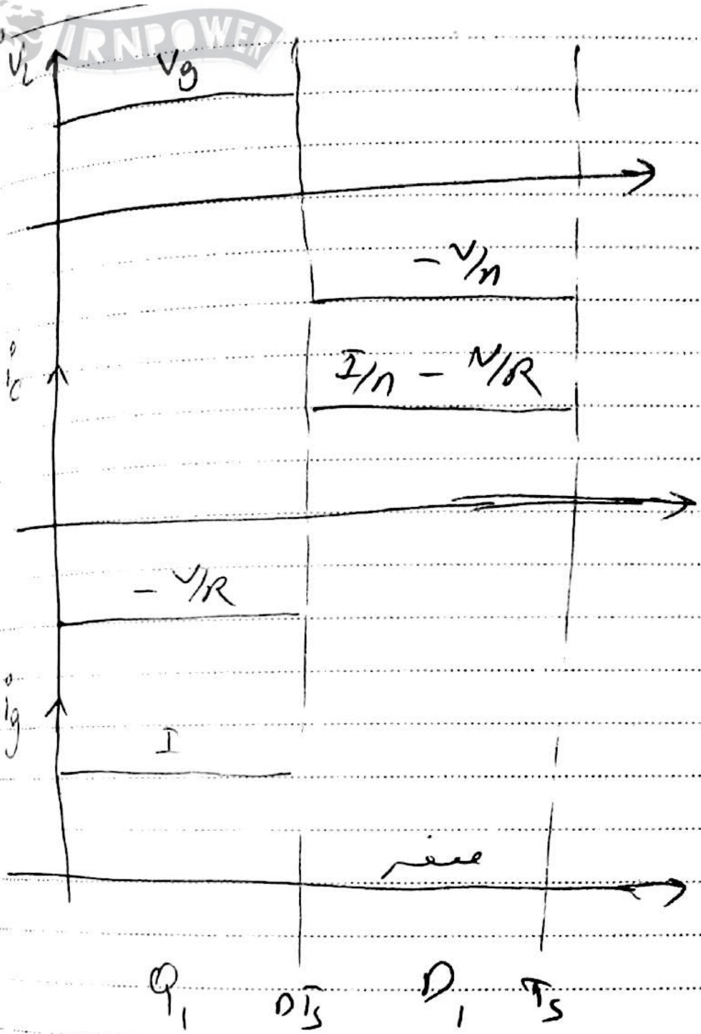
$M(D) = \frac{V}{V_g} = n\frac{D}{D'}$

charge balance:

$\langle i_C \rangle = D(-V/R) + D'(\frac{I}{n} - V/R) = 0$

$I = \frac{nV}{D'R}$

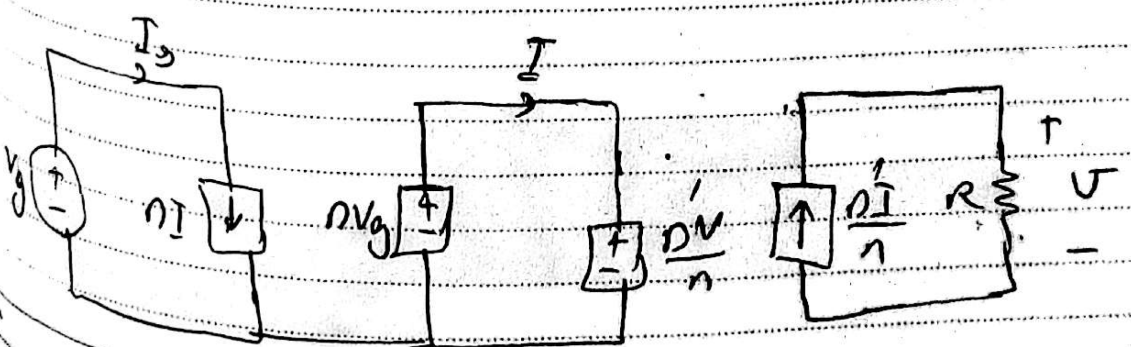
$I_g = \langle i_g \rangle = D(I) + D'(0)$

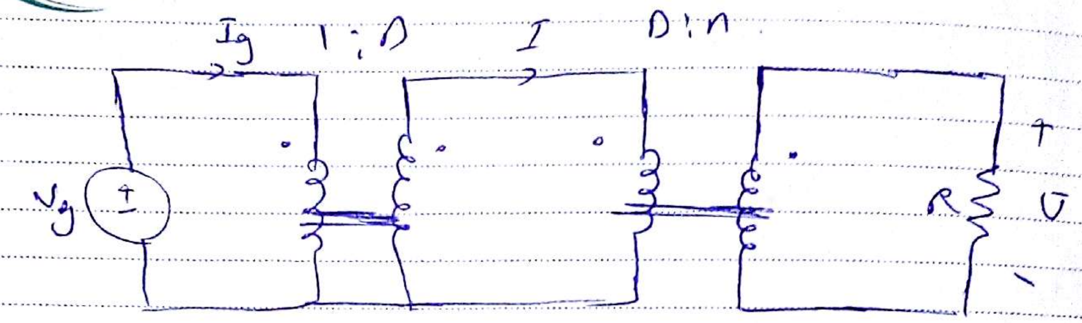


$$\langle v_L \rangle = D(V_g) + D'(-V/n) = 0$$

$$\langle i_C \rangle = D(-V/R) + D'\left(\frac{I}{n} - V/R\right) = 0$$

$$\langle i_g \rangle = I_g = D(I) + D'(0)$$


$I_g$
$V_g$
+
-
$DI$
$DV_g$
$I$
$\frac{D'V}{n}$
$\frac{D'I}{n}$
$R$
+
$v$
-


$I_g$
1 : D
$I$
D : n
$V_g$
+
-
R
+
$V$
-

$$U = \frac{P_{load}}{S}$$

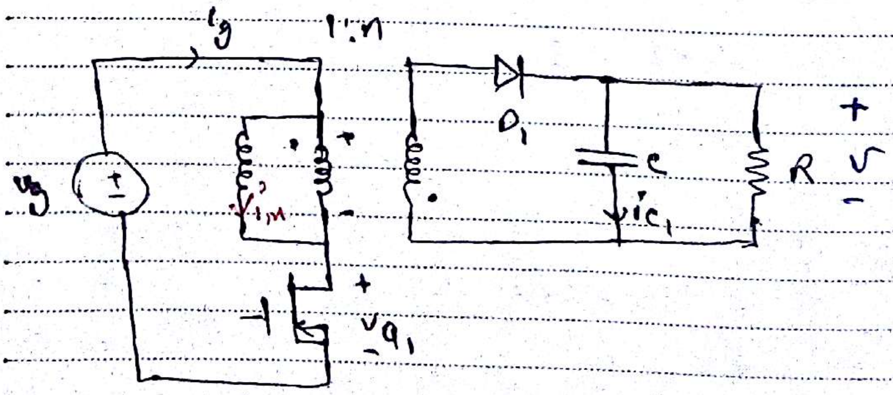
$$S = \sum_{j=1}^{n} V_j I_j$$

سوئیچ هایی که کنترل می شوند
را توان نوشت

$V_j$ → maximum breaking voltage

$I_j$ → rms switch current :

example : Fly back


$i_g$
1 : n
$v_g$
+
-
$i_M$
+
-
$D_1$
C
$i_{C_1}$
R
+
$v$
-
+
$v_{Q_1}$
-

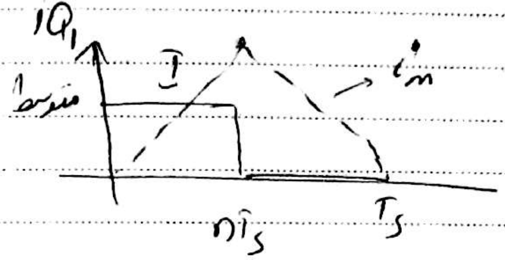
$$\frac{V}{V_g} = n\frac{D}{1-D}$$

$Q_1$ : OFF

$n_1 = 1$

$V_1 = V_{Q_1}$

$$V_{Q_1} = V_g + \frac{V}{n} = V_g\left(1+\frac{D}{1-D}\right) = \frac{V_g}{1-D}$$



$\rightarrow i_1 = i_{Q_1\,rms}$

$$i_1 = i_{Q_1,rms} = \sqrt{\frac{1}{T_s}\int_0^{T_s} i_{Q_1}^2\,dt} = \sqrt{\frac{1}{T_s}\int_0^{DT_s} I^2\,dt} = I\sqrt{D}$$

Amp-sec $(I_C)$

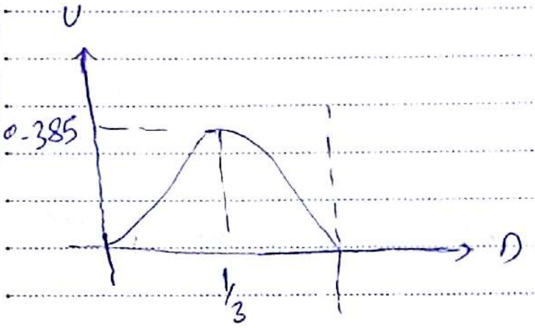
$$D\left(-\frac{V}{R}\right) + (1-D)\left(\frac{I}{n} - \frac{V}{R}\right) = 0 \Rightarrow \frac{V}{R} = \frac{I}{n}(1-D)$$

$$S = V_1 i_1 = \frac{V_g}{1-D} I\sqrt{D} =$$

$$P_{load} = V\,\frac{V}{R} = \frac{V_g\,\cancel{n}D}{\cancel{1-D}}\cdot\frac{I}{\cancel{n}}\cancel{(1-D)} = V_g I D$$

$$U = \frac{P_{load}}{S} = \frac{V_g I D}{\frac{V_g}{1-D} I\sqrt{D}} = \sqrt{D}\,(1-D)$$

$\frac{\partial U}{\partial D} = 0 \Rightarrow D = \frac{1}{3} \rightarrow U_{max} = 0.385$



برای [illegible]:

$n = \frac{V}{V_g} \frac{1-D}{D}$

Forexample

e.g. $\boxed{V/V_g = 5}$ ← [illegible] flyback [illegible]

$n = 5 \frac{1-D}{D}$ → D کوچک → $D = 0.1 \rightarrow n = 45$ → بزرگ

→ D بزرگ → $D = 0.9 \rightarrow n = \frac{5}{9}$ → کم

$n\Big|_{U_{max}} = 5 \times \frac{1-\frac{1}{3}}{\frac{1}{3}} = 10$ → در حالت متوسط [illegible]

۸۰ درصد ← نرخ سوئیچ [illegible] ✓✓

مبدل forward یک مبدل Buck ایزوله، flyback یک مبدل باک‌بوست

ایزوله می‌باشد.

می‌خواهیم با استفاده از اطلاعات زیر یک

مبدل forward و یک مبدل flyback

طراحی کنیم.

(۷)

Design Data

AC input 230 (V) ± 20% $\xrightarrow{\text{Rectified}}$

$V_g \in \left[80\% \times 230 \,,\, 120\% \times 230\right] \times \sqrt{2} = \left[260 \,,\, 390\right)$

$V_g \to$ DC

برای اینکه به peak برسد

$V = 15\ (V)$ , $\Delta V_{max} = 0.1\ (V)$ ,

$P_{load} \in [20 \,,\, 200]\ (W)$ , $f_s = 100\,kHz$ , forward & flyback

forward :

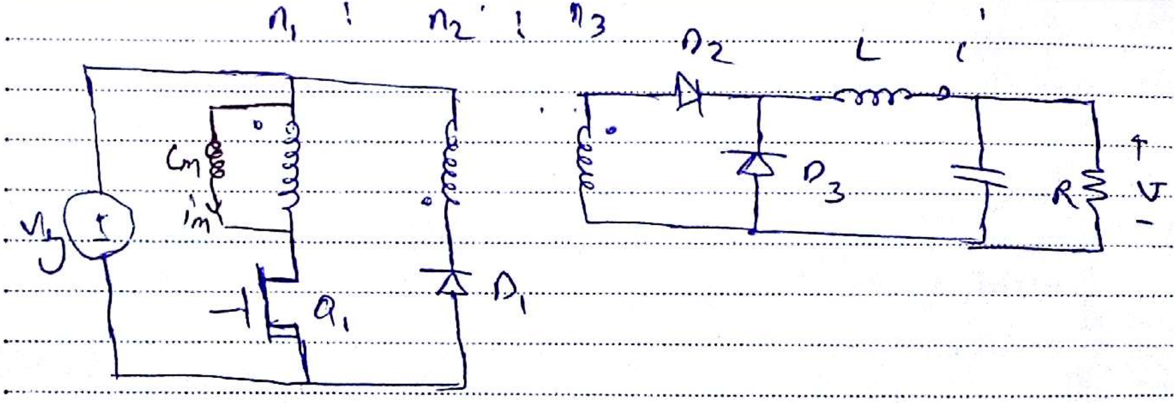
$\frac{n_2}{n_1} = 1$

$\frac{n_3}{n_1} = 0.125$

DC = 2 (A) → refered to the load-end

fly back $\begin{cases} \frac{n_2}{n_1} = 0.125 \\ \Delta i' = 3(A) \rightarrow \text{refered to the load-end} \end{cases}$

Forward:

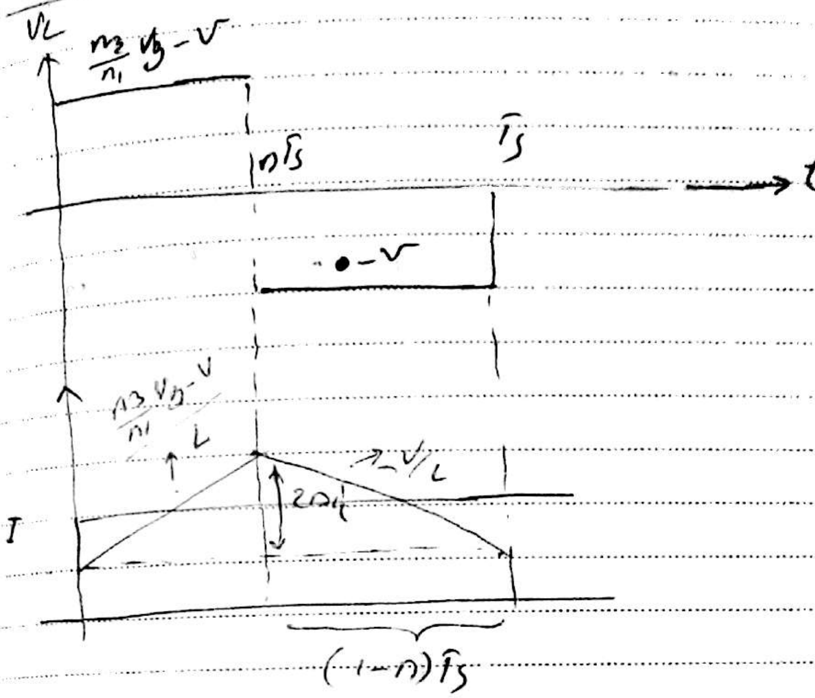


ccm:

$$V = \frac{n_3}{n_1} D V_g \Longrightarrow D = \frac{V / \frac{n_3}{n_1}}{V_g}$$

$$D_{max} = \frac{\frac{15}{0.125}}{260} = 0.462$$

$$D_{min} = \frac{\frac{15}{0.125}}{390} = 0.308$$


$V_L$
$\frac{n_3}{n_1}V_g - V$
$DT_s$
$T_s$
$t$
$0 - V$
$\frac{\frac{n_3}{n_1}V_g - V}{L}$
$-V/L$
$2\Delta i$
$I$
$(1-D)T_s$

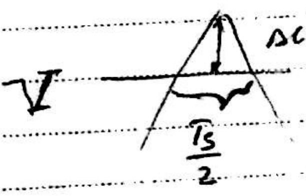
$$\tan(\alpha) = \frac{-2\Delta i}{(1-D)T_s} = -V/L$$

چون اطلاعات $i_c$ را نداریم، [illegible]

(V) را نوشتیم نه $V_g$

$$L = \frac{V(1-D)T_s}{2\Delta i} = \frac{15(10^{-5})(1-0.308)}{2\times 2} = 26\,\mu H$$

$$q = C(2\Delta V) = \frac{1}{2}\;\Delta i \times \frac{T_s}{2} =$$


$\Delta i$
$V$
$\frac{T_s}{2}$

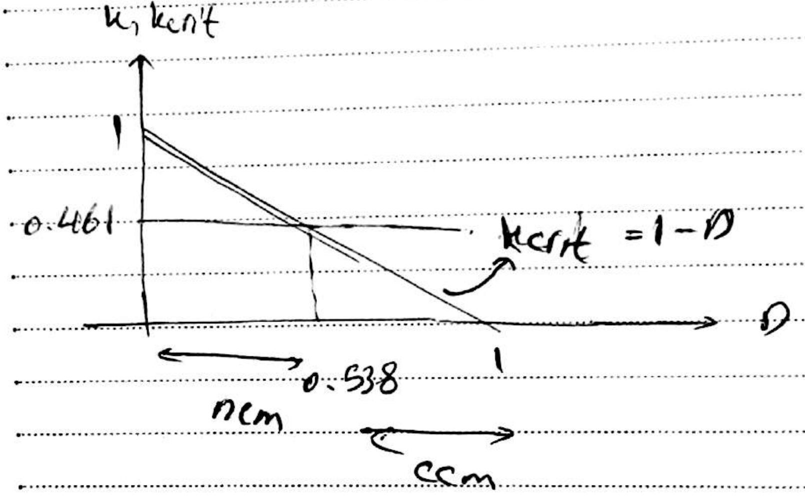
$$C = \frac{\Delta i \times T_s}{8\Delta V} = \frac{2(10^{-5})}{8\times 0.1} = 25\,\mu F$$

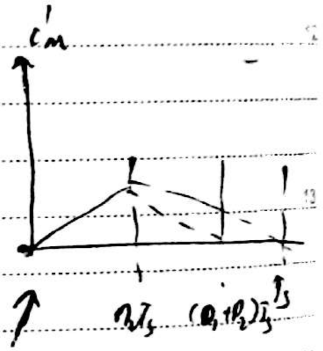
Dcm:

$$V = \frac{n_3}{n_1}V_g\,\frac{2}{\sqrt{1+\frac{4K}{D^2}}}\;,\quad K = \frac{2L}{RT_s}$$

یک مقدار کم دیگر بگیریم

if $\begin{cases} P_{load} = 20\ w \\ R = \dfrac{15^2}{20} = 11.25 \\ K = 0.461 \end{cases}$





$L_m$: $D < 0.5$ avoid saturation

در forward برای نرفتن به اشباع

$D_{min}$ $\begin{cases} k_{crit} = 0.461 \\ \dfrac{n_3}{n_1} = 0.125 \\ V_g = 390(V) \end{cases}$ $= 0.251$ , $D_{max} = 0.5$

$D_{min} = 0.427$ , $D_{max} = 0.5$

$k = 0.461$

$\frac{n_3}{n_1} = 0.125$

$V_g = 260\ (V)$

worst case stress

$n_1 = n_2$

$V_{Q_1} = V_g\left(1 + \frac{n_1}{n_2}\right) = 2V_g = 780\ (V)$ ماکزیمم ولتاژ

$390\ (V)$

$i_{Q_{1\,rms}} = \frac{n_3}{n_1} I \sqrt{D} = 0.125 \underset{\downarrow \atop V}{\overset{P_{rod} \atop \uparrow}{\frac{200}{15}}} \sqrt{0.462} = 1.13\ (A)$

$\overset{\downarrow}{D_{max}}$ | ccm Case در

DCM یا CCM

لذا باید هر دو Case ($V_{Q_1}$, $I_{Q_1}$) با بدترین وضعیت (مثل D) در نظر گرفته شوند، هر کدام در بدترین Case حالت خود در نظر گرفته شوند تا max مقدار بدست آید. مثلاً در مورد D باید در حالت DCM هم

$V = \frac{200}{1.13 \times 780} = 0.226$

ولی ما $D_{max}$ Case ccm را در نظر گرفتیم.

اگر ۶ ساعت وقت دارید که درختی را قطع کنید، ۴ ساعت اول را صرف تیز کردن تبرتان کنید.

$$V_{D_{2\,max}} = V_g \frac{n_3}{n_2} = 390 \times 0.125 = 48.75$$

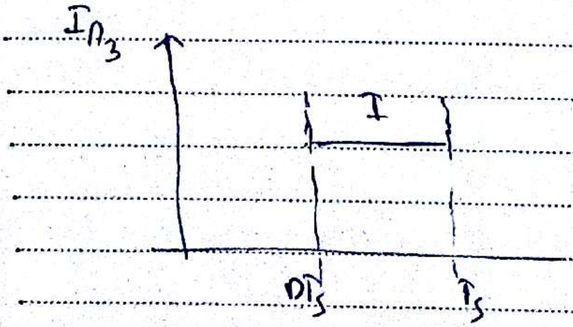
0 [illegible]

[illegible]

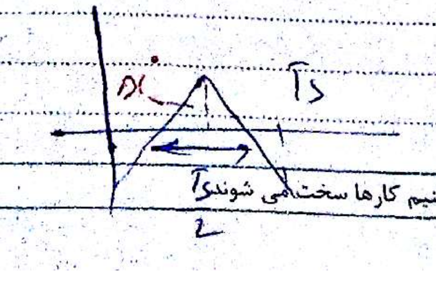
$$I_{D_{2\,rms}} = i_{Q_{1\,rms}} \times \frac{n_1}{n_3} = 1.13 \times 8 = 9.1$$

$$V_{D_{3\,max}} = \frac{n_3}{n_1} V_g = 48.75 \ (V)$$

$$I_{D_{3\,rms}} = \sqrt{\frac{1}{T_s}\int_{DT_s}^{T_s} I^2 dt} = I\sqrt{1-D} = \frac{\overset{P}{200}}{\underset{V}{15}}\sqrt{1-0.388} = 11.1 \ (A)$$

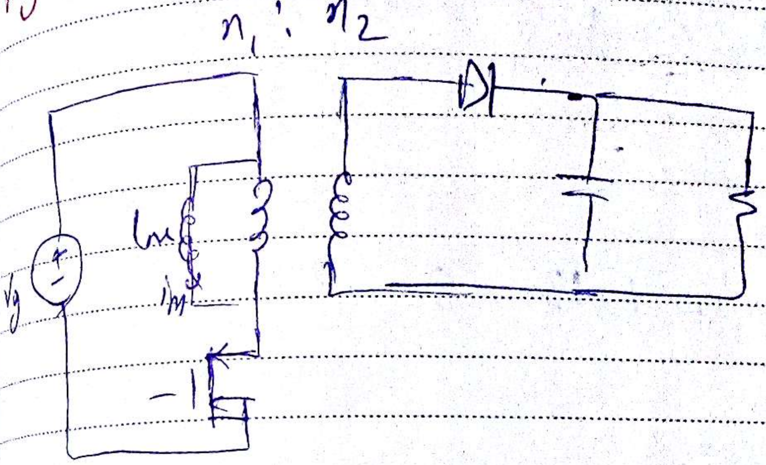


$$i_{C\,rms} \simeq \frac{\Delta i}{\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.15 \ (A)$$



به خاطر سختی کارها نیست که ما جرأت نمی کنیم، چون ما جرأت نمی کنیم کارها سخت می شوند
برای بازگرداندن شاه (۱۳۳۲ هـ ش)

Fly back:



$$V = \frac{n_2}{n_1} V_g \frac{D}{1-D}$$

$$D\Big|_{V_g = 260 (V)} = 0.316$$

روز تجلیل از امام زادگان و بقاع متبرکه

۳۰ مرداد
جمعه

$$D\Big|_{V_g = 390 (V)} = 0.235$$

با رسم منحنی ها داریم :

با ترتیب ripple محاسبه میشود

$$-\frac{V}{L} = \frac{-2\Delta i}{(1-D)T_s}$$

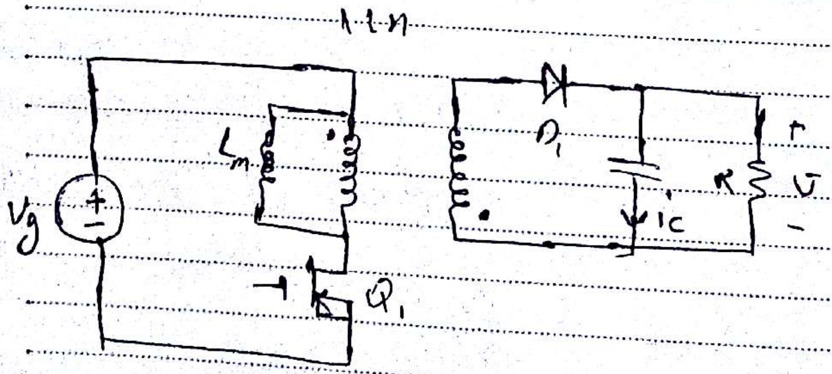
$$L_m = \frac{V(1-D)T_s}{2\Delta i} = \frac{15(1-0.235)10^{-5}}{2\times 2} = 19.$$

| isolated buck | non-isolated |
|---|---|
| U higher | U lower |
| S lower | S higher |

$V_g \in [260, 390]$ (V) , $V = 15$ (V) , $\Delta V = 0.1$ (V)

$P_{load} \in [20, 200]$ (W) , $f_s = 100$ KHz , $n = 0.125 = \frac{n_2}{n_1}$

$\Delta i = 3$ (A)



CCM:

$$V = \frac{n V_g D}{1-D}$$

$\rightarrow D_{min} = 0.235$

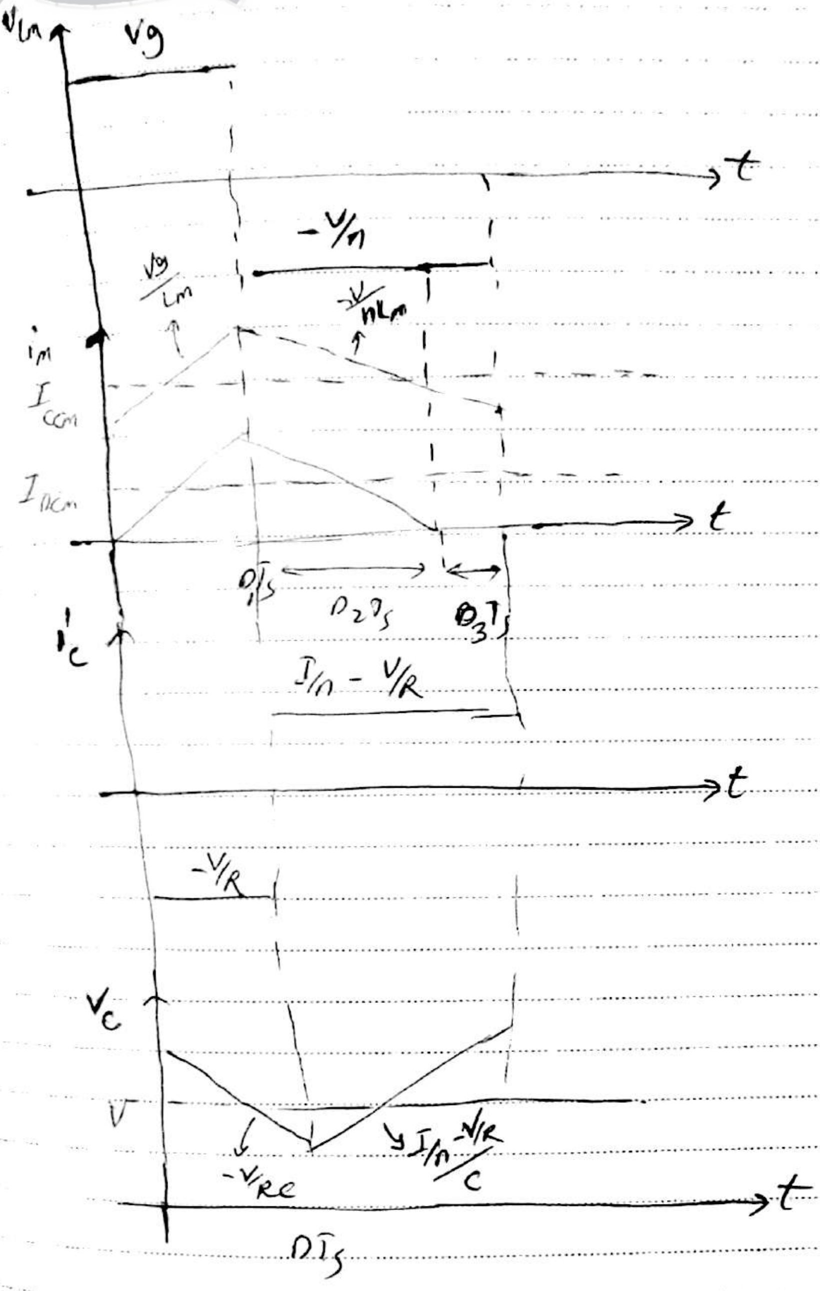
316

$\rightarrow D_{max} = 0.$[illegible]

[illegible]

$$\frac{V}{V_g} = \frac{-D}{1-D}$$

هر عملی از روی خشم، محکوم به شکست است.


$v_{Lm}$
$V_g$
$t$
$-V/n$
$V_g/L_m$
$-V/nL_m$
$i_m$
$I_{CCM}$
$I_{DCM}$
$t$
$D_1T_s$
$D_2T_s$
$D_3T_s$
$i_C$
$I/n - V/R$
$t$
$-V/R$
$v_C$
$V$
$-V/RC$
$\frac{I/n - V/R}{C}$
$t$
$DT_s$

$$-\frac{V}{RC} = \frac{-2\Delta V}{DT_s} \Rightarrow C = \frac{V \cdot D \cdot T_s}{2R\Delta V} = \frac{15\times 0.316\times 10^{-5}}{2\times 1.25\times 0.1}$$

$C = 210.67$ , $R = \frac{(15)^2}{200} = 1.125$

چند خازن می‌گذاریم که C بیشتری حاصل شود.

DCM operation: با فرض اینکه در DCM هستیم

$$V = n \frac{D}{\sqrt{K}} V_g \quad , \quad R = \frac{15^2}{20} = 11.25$$

$$K = \frac{2L}{RT_s} = 0.304 = K_{crit} = (1-D)^2 \rightarrow D_{max}$$

$$D_{max} = \frac{\sqrt{0.304} \times 15}{0.125 \times 390} = 0.179$$

$$U_{max} = \frac{P_{load}}{S} = \frac{200}{\underset{I_{Q_1 rms}}{1.33} \times \underset{V_{Q_1 max}}{510}} = 0.286$$

$$\rightarrow V_g + \frac{n_1}{n_2} V = 390 + 8 \times 15$$

worst-case stresses:

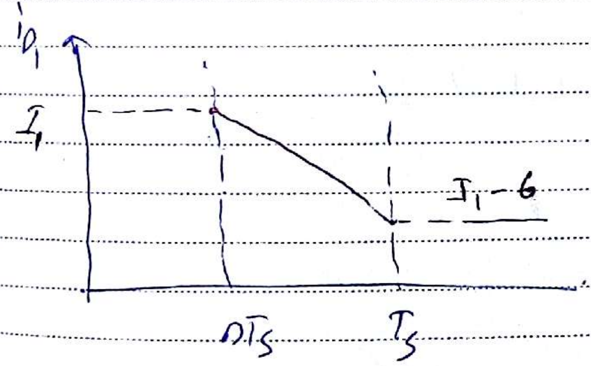
$$V_{Q_1} = V/n + V_g = \frac{15}{0.125} + 390 = 510 \; (V)$$

$$I_{Q_1 rms} = \underset{\downarrow \frac{V}{R(1-D)}}{I} \sqrt{D} = 1.33 \; (A)$$

$V_{D_1,max} = -nV_g - V = -390\times 0.125 - 15 = -63.75$ (V)

$i_{D_1-Peak} = I_1$

$i_{D_1-rms} = \frac{I}{n}\sqrt{1-D} = 16.1$ (A)



$$i_{D_1,rms} = \sqrt{\frac{1}{T_s}\int_{DT_s}^{T_s} f(I_1)^2\,dt} = 16.1 \text{ (A)}$$

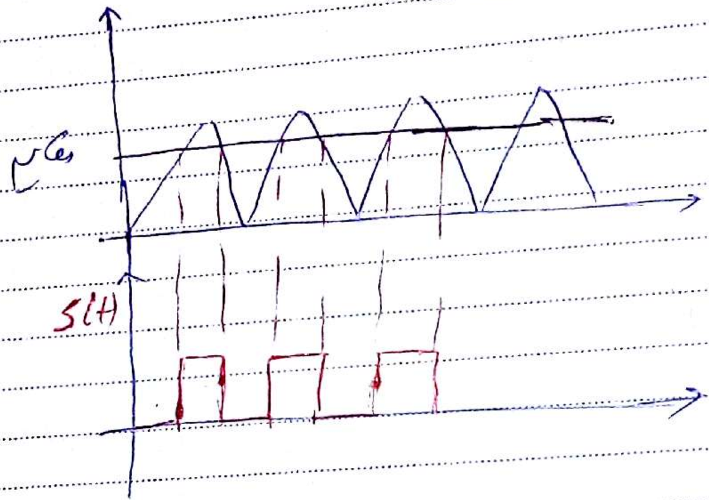
$$I_1\Big|_{D=0.316} = 22.3 \text{ (A)}$$

اگر Peak را خواستند، باید ابتدا rms بگیریم و سپس آن را به دست آوریم.

موانع، همان چیزهای ترسناکی هستند که وقتی چشمتان را از هدفتان برمی دارید می بینند.

مدولاسیون ۱

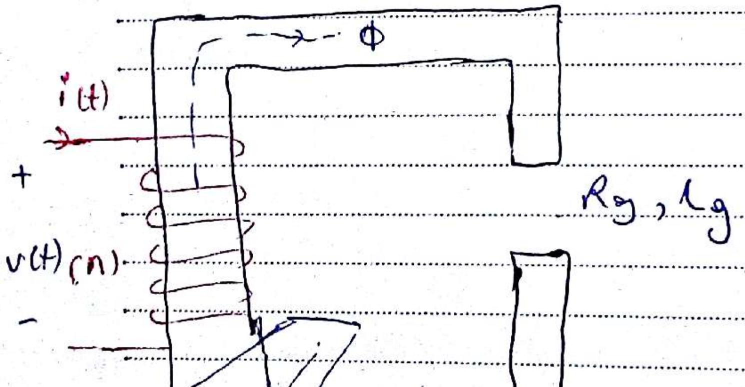
برای بدست آوردن D



از مقایسه بین در بازه (0,1)

به IGBT یک ولتاژ 10 ولتی (وقتی که 1 باشد) یا ولتاژ 0 ولتی (وقتی که 0 می باشد) اعمال شود. اگر ولتاژ 10 ولتی اعمال شود، IGBT روشن می شود و اگر ولتاژ 0 ولتی اعمال شود، IGBT خاموش می شود.

DC - inductor:



$$R_c = \frac{l_c}{\mu_c A_c} \qquad \mu_c = \mu_0 \mu_{rc} ,$$

$$R_g = \frac{l_g}{\mu_0 A_c}$$

$$ni(t) = (R_c + R_g)\ \phi(t)$$

$$\oint_C H \cdot dl = ni(t) \Rightarrow H_c l_c + H_g l_g = ni(t) = R_c \phi(t) + R_g \phi(t)$$

$$H_c l_c = R_c \phi(t) \quad , \quad H_g l_g = R_g \phi(t)$$

$$\phi(t) = \frac{n i(t)}{R_c + R_g} = H_c \frac{l_c}{R_c}$$

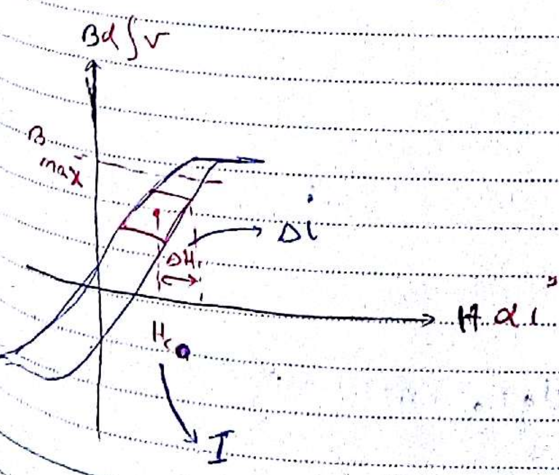
$$H_c = \frac{n i(t)}{l_c} \cdot \frac{R_c}{R_c + R_g}$$

$$i(t) = I + \Delta i(t)$$

$$\underset{\text{بایاس}}{H_c = H_{ca}} + \Delta H_c = \frac{n i(t)}{L_c} \frac{R_c}{R_c + R_g} = \frac{nI}{L_c} \frac{R_c}{R_c + R_g} + \frac{n \Delta i(t)}{L_c} \frac{R_c}{R_c + R_g}$$

روز بزرگداشت محمدبن زکریای رازی - روز داروسازی

$$\begin{cases} H_{ca} = \dfrac{nI}{L_c} \dfrac{R_c}{R_c + R_g} \\ \Delta H = \dfrac{n \Delta i(t)}{l_e} \dfrac{R_c}{R_c + R_g} \end{cases}$$



در این بخش سعی می شود که

تلفات هسته ناچیز میشود.

تلفات هسته ( تلفات سیم پیچ

تا اینجا مدل این مسأله شد الکتریکی. حالا می‌خواهیم که $A_c$ ها کمترین مقدار بشود.

$$\oiint B\cdot ds=\phi \Rightarrow BA_c=\phi$$

$$v(t)=L\frac{di(t)}{dt} \quad , \quad v(t)=n\frac{d\phi}{dt}$$

$$v(t)=nA_c\frac{dB}{dt}=nA_c\mu_0\frac{dH}{dt} \Rightarrow \mu=\mu_0$$

چون $R_g \gg R_c$

$H=H_g$

$$H_g=\frac{R_g\,\phi(t)}{l_g}=\frac{R_g}{l_g}\,\frac{n\,i(t)}{R_c+R_g} \, ,$$

$$\begin{cases} v(t)=n^2A_c\dfrac{\mu_0}{l_g}\,\dfrac{R_g}{R_c+R_g}\,\dfrac{di(t)}{dt} \\ v(t)=L\dfrac{di}{dt} \end{cases} \Longrightarrow L=n^2\frac{A_c}{l_g}\mu_0\frac{R_g}{R_g+R_c}$$

$$L\simeq n^2\frac{A_c}{l_g}\mu_0=n^2/R_g$$

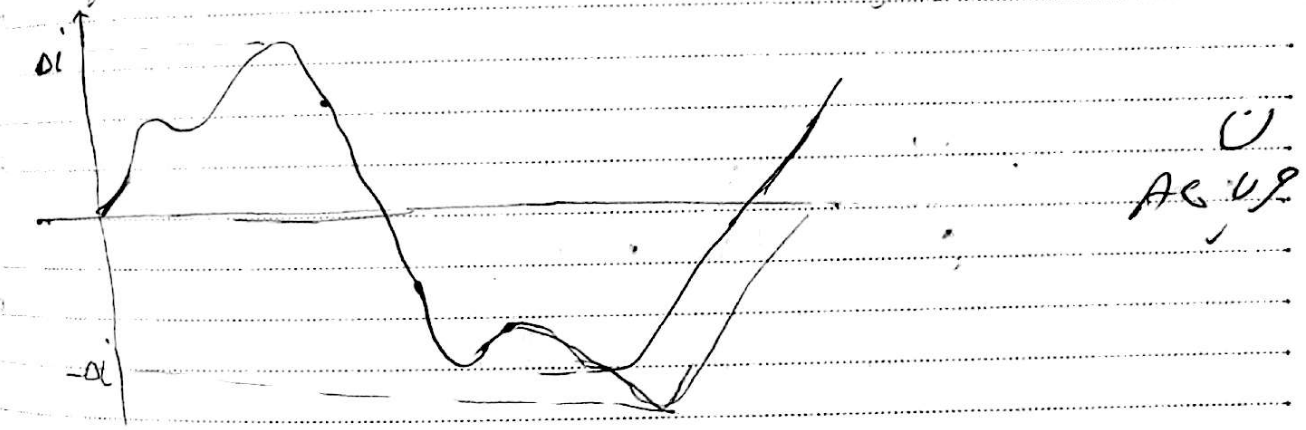
تا حالا در مورد فرض این بود که در DC، $\Delta H$ کوچک است و دارای مقدار متوسط $H_c$ می‌باشیم. و حالا این است که $B_{max}$ در نظر می‌گیریم که از ۲ شروع شود.

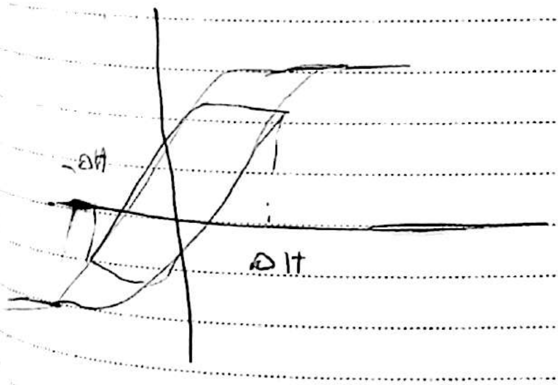
پیچ اسم یک محدوده ی وسیع تری را انتخاب می کنیم و در نظر بگیریم

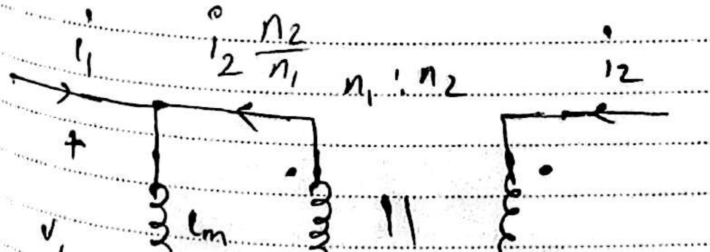
دارای جریان AC ی باشیم ← در اینجا تلفات هسته شامل [illegible]

در تلفات سیم پیچی، تلفات هسته بیشتر باید در نظر گرفته شود ( در AC ) اما در DC

بیشتر به دنبال این هستیم که هسته به اشباع نرود، چون تلفات هسته ناچیز است





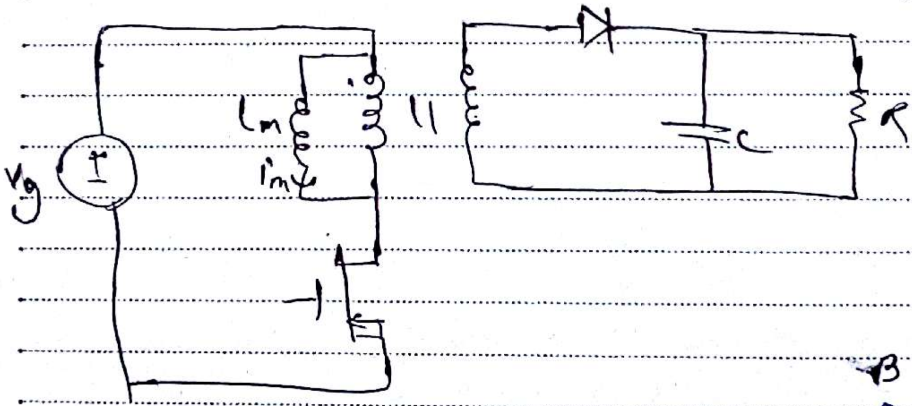


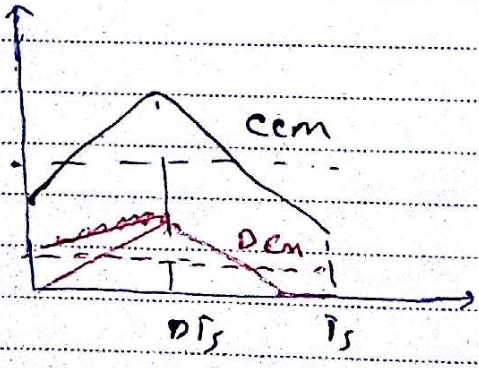
$$i_m = i_1 + i_2 \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 i_1 + n_2 i_2}{n_1} = \frac{R_c \phi}{n_1}$$

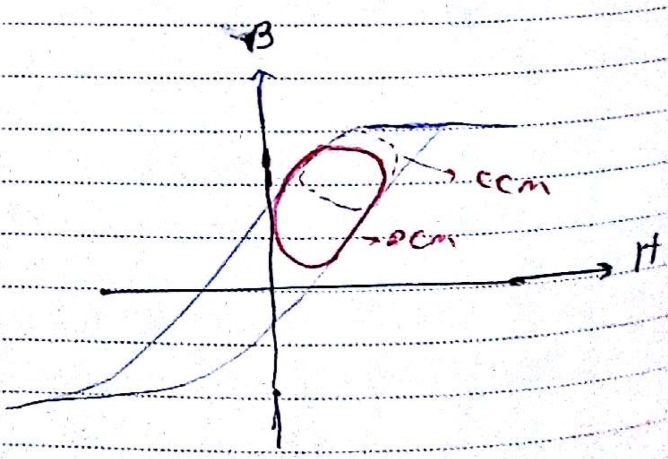
$$v_1(t) = L \frac{d i_m(t)}{dt}$$

$$v_1(t) = \frac{n_1^2}{R_c} \frac{d}{dt} \frac{R_c \phi}{n_1} = n_1 \frac{d\phi}{dt}$$

در مدل fly-back داریم:

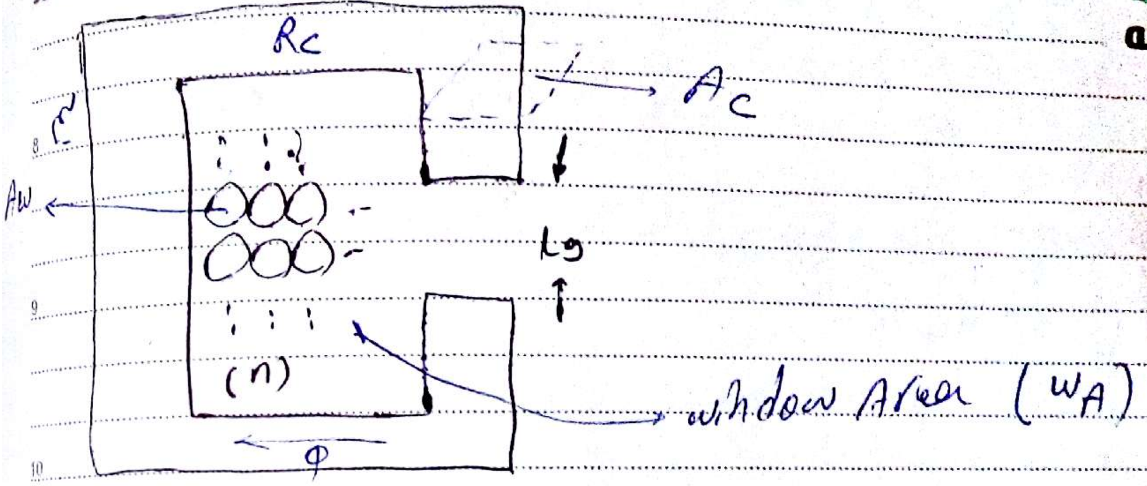






در حالت ccm ، حلقه چون متوسط بیشتر اما ریپل کمتر است در حالت dcm حلقه‌ای جریان متوسط کمتر در ریپل بیشتر می‌باشد.

گاهی کوچک ترین گام در جهت صحیح منجر به بزرگ ترین گام در زندگی شما می شود، اگر لازم است روی پنجه راه بروید، اما قدم بردارید.


Rc
Ac
Aw
lg
(n)
φ
window Area ($w_A$)

$$ni = (R_c + R_g)\phi \simeq R_g \phi$$

$$L = \frac{n^2}{R_g} \quad , \quad R_g = \frac{l_g}{\mu_0 A_c}$$

constraints :

1. $$ni = R_g \phi = \frac{l_g}{\mu_0 \cancel{A_c}} B \cancel{A_c}$$

$$n I_{max} = \frac{l_g}{\mu_0} B_{max}$$

2. $$L = \frac{n^2}{R_g} = \frac{n^2 \mu_0 A_c}{l_g}$$

ن

[illegible]

3. $n A_w \leq k_u W_A$ $\qquad 0 \leq k_u \leq 1$

معمولاً در سیم‌ها Bulk برای $k_u = 0.65$

طول کل سیم ها

4. $R_L = \rho \frac{L_w}{A_w} = \rho \frac{n(MLT)}{A_w}$

MLT : mean length per turn

$K_g$ = core size

از روی جدول بدست می آید.

kg همه چیز را به هم مرتبط می سازد.

$$K_g = \frac{W_A A_c^2}{(MLT)}$$

$$③ \begin{cases} n = \dfrac{l_g B_{max}}{\mu_0 I_{max}} \\ l_g = \dfrac{n^2 \mu_0 A_c}{L} \end{cases} \Rightarrow \cancel{n} = \frac{n^{\cancel{2}} \cancel{\mu_0} A_c B_{max}}{L \cancel{\mu_0} I_{max}}$$

$$\Rightarrow n = \frac{L I_{max}}{A_c B_{max}} \quad ②$$

$$A_w = \frac{\rho\, n\,(MLT)}{R}$$

$$\Longrightarrow \frac{\rho\, n^2 (MLT)}{R} \leq K_u W_A$$

$$\therefore A_w \leq K_u W_A$$

$$\rho \frac{L^2 I_{max}^2 (MLT)}{R A_c^2 B_{max}^2} \leq K_u W_A$$

$$\frac{\rho L^2 I_{max}^2}{K_u R B_{max}^2} \leq \frac{W_A \cdot A_c^2}{(MLT)} = K_g \quad ①$$

core size

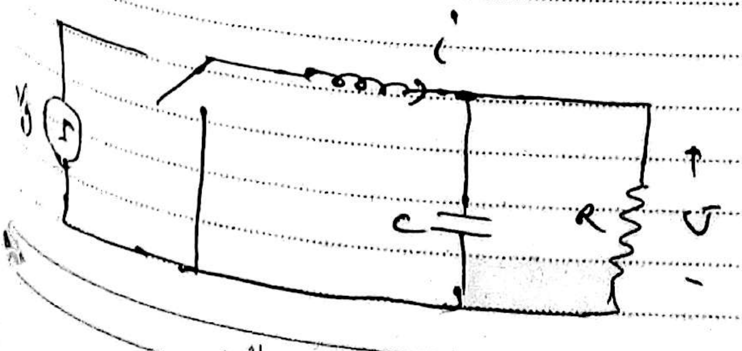
$R$ ← operating condition

$R_0$: مقاومت بار of converter

اول از طریق 1 ، می توان $K_g$ را با استفاده از جداول بدست آورد سپس از جداول

2 و 3 را بدست آورد (یعنی $l_g$ و $n$)

example: Buck converter



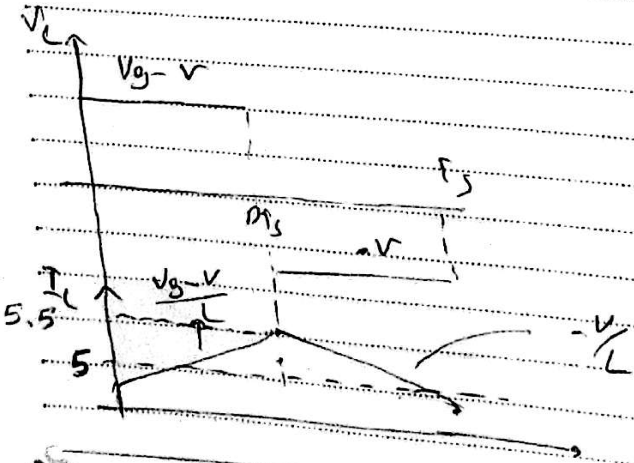
$f_s = 50\,KHz$ , $V_g = 40\,(V)$ , $V = 20\,(V)$

$R \geq 4\,(\Omega)$

a. find L such that $\Delta i = 10\%\, I$ ?

b. find steady state inductor current $I_{max}$ ?

c. design an inductor ( L & $I_{max}$ from (a),(b) ); use ferrite core EE ( Appendix 2 : Erickson ) with $B_{max} = 0.25\,(T)$ . choose $R_L$ such that $P_{cu} \leq 1\,(W)$ . if $k_u = 0.5$ , find $W_A$ , $A_w$ , $l_g$ and n ?



$$D = \frac{V}{V_g} = \frac{20}{40} = 0.5$$

$$\frac{\overset{20}{\overbrace{V_g - V}}}{L} = \frac{2\overset{\nearrow 0.5}{\Delta i}}{\underset{\swarrow 0.5}{D}\,\underset{\searrow (50000)^{-1}}{T_s}} \longrightarrow L = 200\ \mu H$$

a.

$$I = \frac{20}{4} = 5\ (A)$$

$$\Delta i = 10\%\ I = 0.5\ (A)$$

b.

$$I_{max} = I + \Delta i = 5.5(A)$$

$$K_g \geq \frac{\overset{1.724\times10^{-6}(\Omega.cm)}{\rho}\ \overset{(5.5)^2}{I_{max}^2}\ \overset{(200\times10^{-6})^2}{L^2}}{\underset{0.5}{K_u}\ \underset{0.04}{R_L}\ \underset{(0.25)^2}{B_{max}^2}}\ (10^8)\ (cm^5) = 0.288$$

$$P_{cu} = R_L(5)^2 = 25R_L \leq 1(W)$$

در حالت DC، مقدار متوسط با مقدار موثر
تقریباً برابر می‌باشد

$$R_L \leq 0.04$$

$K_g \geq 0.288$

|  | $K_g$ | $A_c$ (cm) | $W_A$ $(cm)^2$ | MLT (cm) |
|---|---|---|---|---|
| EE40 | 0.209 | 1.27 | 1.1 | 8.5 |
| ✓ EE50 | 0.909 | 2.86 | 1.78 | 10 |

$$n = \frac{L \; I_{max}}{A_c \; B_{max}} = \frac{(200\times10^{-6})\times(5.5)}{(2.86)\times(0.25)} \times 10^4 = 19.96$$

$\Longrightarrow n = 20$ دور

$$K_g = \frac{n^2 \mu_0 A_c}{L} = \frac{400\times4\pi\times10^{-7}\times2.86}{200\times10^{-6}} \times 10^4 = 0.29(\mathrm{m}$$

$$A_w \leq \frac{K_u W_A}{n} = \frac{0.5\times1.78}{20} = 0.0445\ (cm)^2$$

$$\overset{\rho}{R_L = 1.724\times10^{-6}} \; \frac{\overset{n}{20}\times\overset{MLT}{10}}{\underset{A_w}{0.0445}} = 0.0077\ \Omega \leq 0.04$$

✓

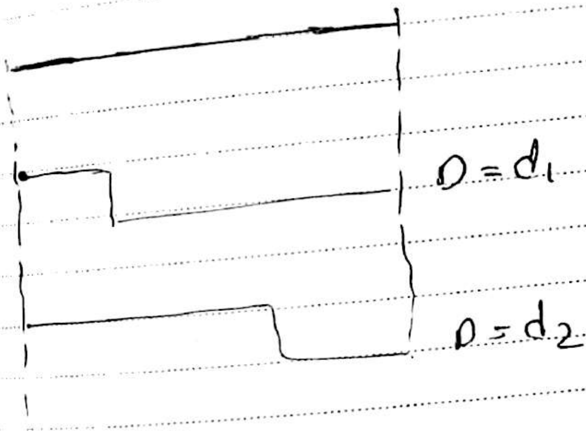
Resonant converters :

مبدل‌هایی که تا بحال در مقطع لیسانس دیدیم، pwm بودند، یعنی برای س ~~[illegible]~~ [illegible] یک D داشتیم

pulse width modulation

$$D = \frac{t_{on}}{T_s}$$

با تنظیم عرض پالس، می‌توانستیم Gain را تنظیم و تغییر دهیم



در Resonant converters، دیگر D، Gain را تغییر نمی‌دهد یعنی D در تعیین Gain تأثیرگذار نمی‌باشد.

عیب در : فرکانس سوئیچ زنی بالا شود ← تلفات سوئیچ زنی بالا می‌رود ↑

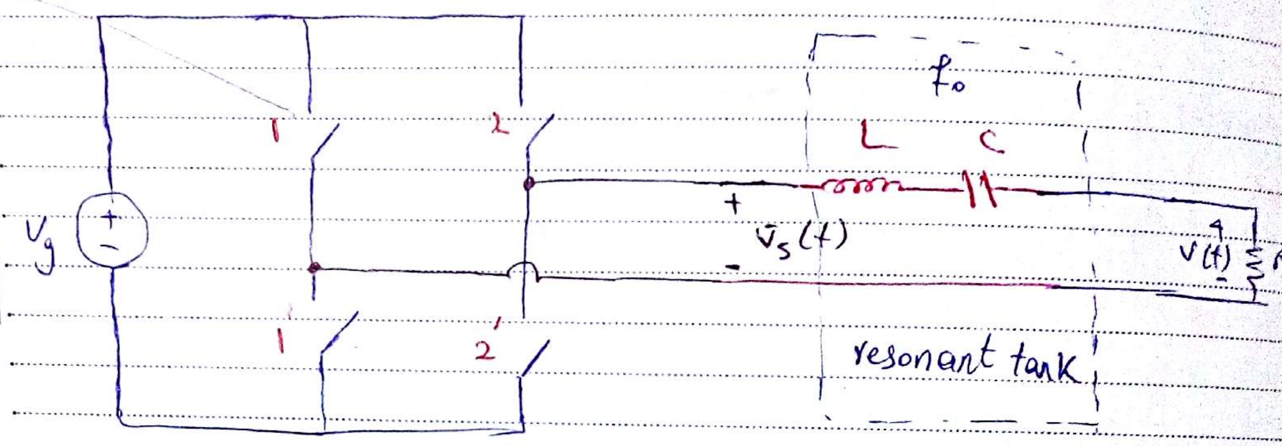
اما در جاهایی که نیاز به فرکانس بالا داریم، از این converter استفاده می‌شود ←

چون فرکانس بالا است ← حجم ترانس پایین است ← حجم دستگاه پایین‌تر [illegible] آن‌ها

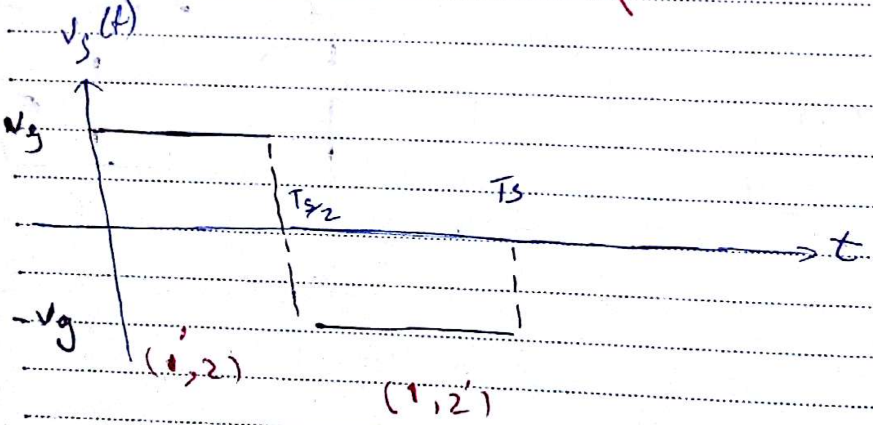
در صنعت پزشکی، لامپ‌های گازی، کاربرد نظامی و ... به کار برده می‌شود.

two_quad... current bidirectional

## 1. DC to AC Resonant inverter



(inverter full-bridge)



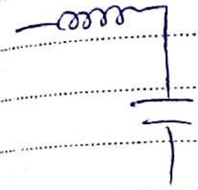
$2\pi f_0 = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ فرکانس رزونانس

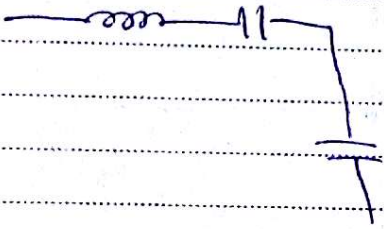
$$j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = \frac{-LC\omega^2+1}{j\omega C} = 0 \quad , \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Resonant Tank، شبیه یک فیلتر band pass عمل می کند یعنی فقط فرکانس fo را

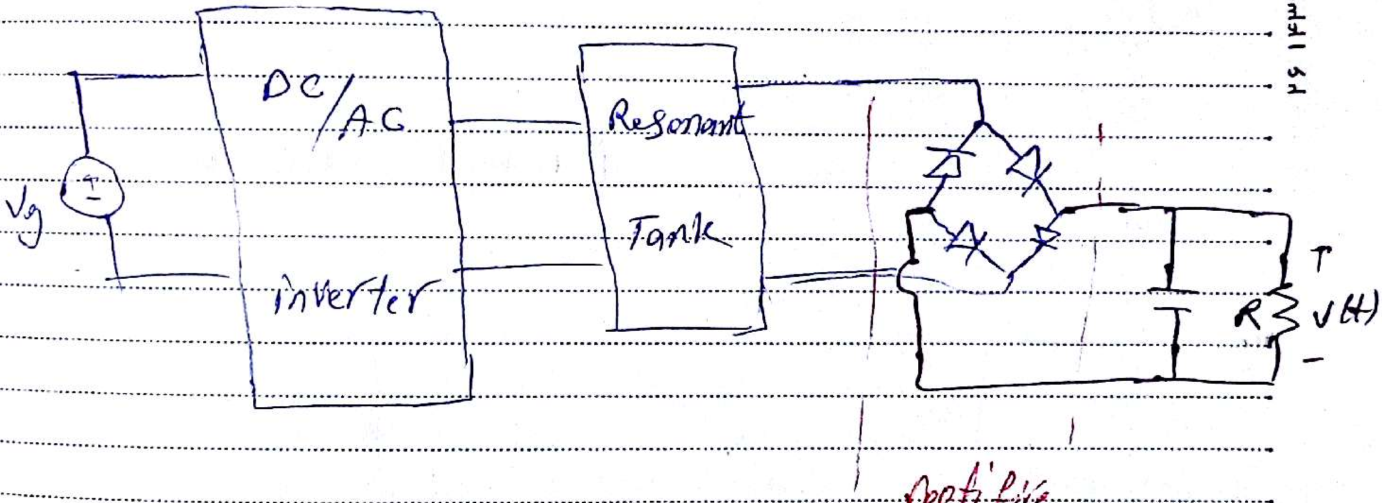
فرکانس های بالا و پایین را عبور نمی دهد.

مثلا Resonant Tank را به صورت سری هم می‌توان در نظر گرفت:

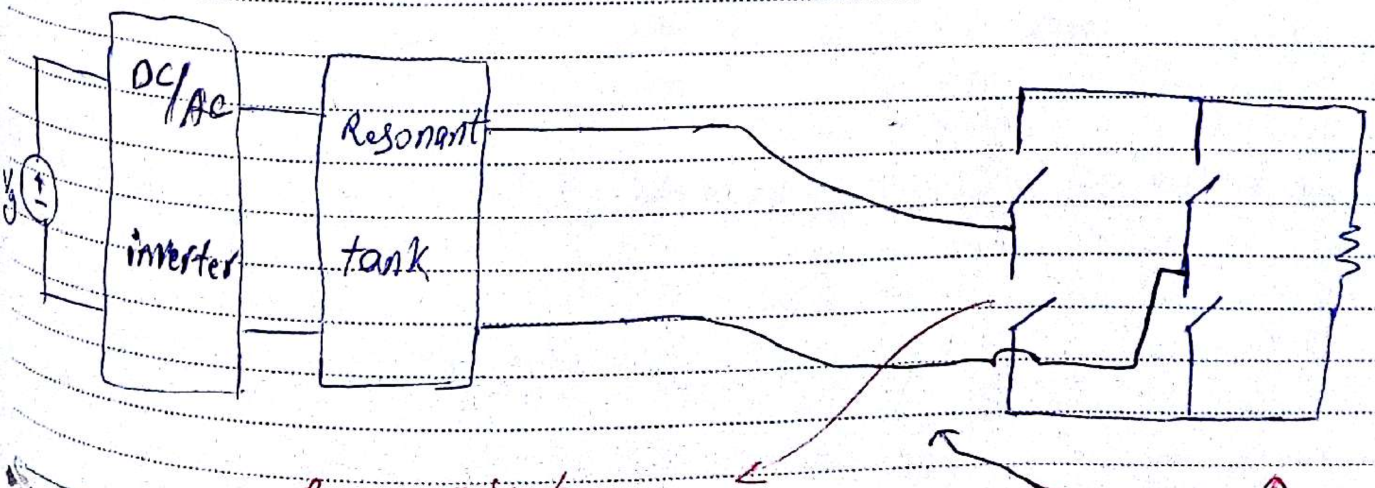




2. DC-to-DC Resonant converter


DC/AC
Inverter
Resonant
Tank
Vg
R
+
V(t)
-
Rectifire
یکسوکننده

3. Ac-to-Ac


DC/Ac
inverter
Resonant
tank
Vg
four-quadrant
switcher
Ac
Ac

در این، مقدار Gain بر اساس فرکانس سوئیچ بدست می آید

جلوتر آمد $f_s = f_0$ باشد یک Gain بالا داریم، اما وقتی $f_s \neq f_0$

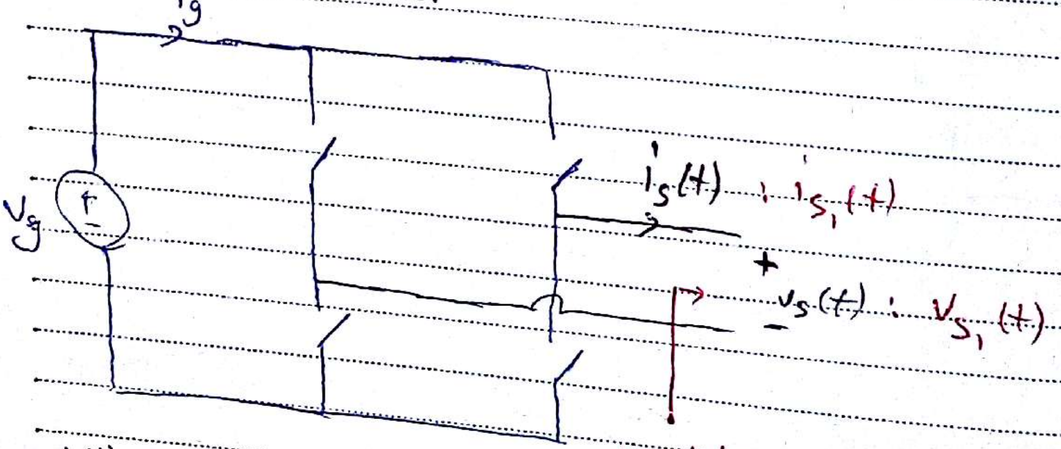
باشد، یک Gain مناسب نداریم و دارای هارمونیک زیادی می باشیم.

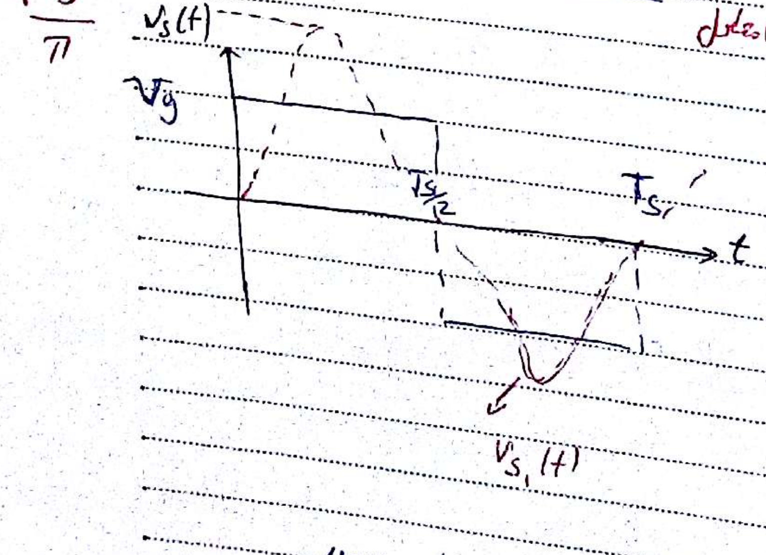
و بالا هم دارای هارمونیک های فرد می باشیم. دیده می شود که هرچه هارمونیک بیشتر شود،

آنگاه، مقدار Gain کمتر خواهد بود.

modeling Resonant converters:

a. DC-AC inverter



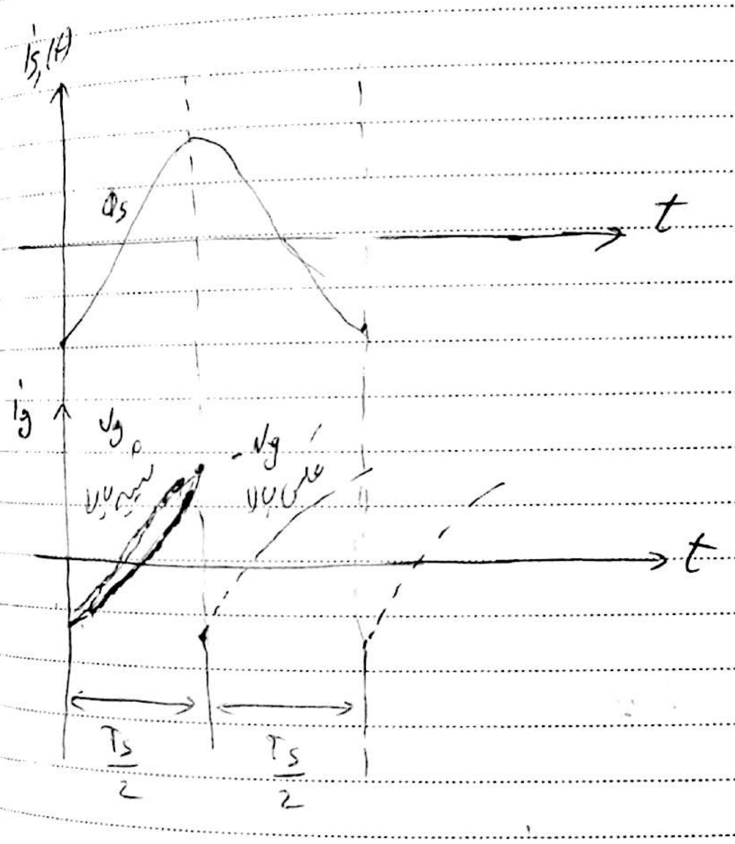


$$v_s(t) = \frac{4V_g}{\pi} \sum_n \frac{1}{n} \sin(n\omega_s t) \qquad v_{s_1}(t) = \frac{4V_g}{\pi} \sin(\omega_s t)$$

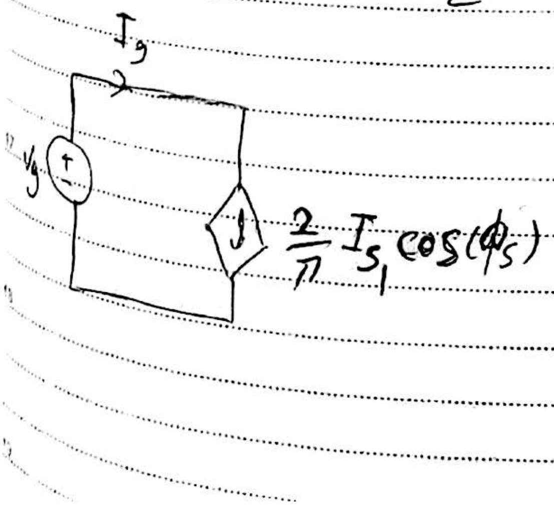
هارمونیک اول

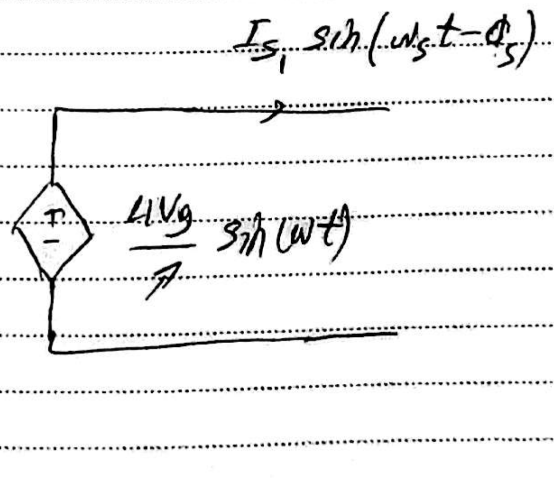
$$I_{g_1}(t) = I_{s_1}\sin(\omega_s t - \phi_s)$$

اختلاف فاز به دلیل امپدانس معادل می‌باشد.

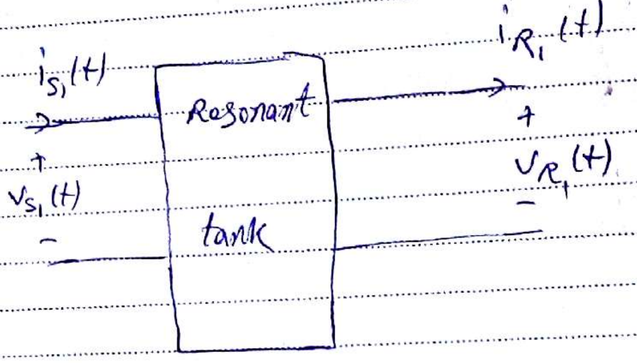


$$I_g = \langle i_g \rangle = \frac{1}{\frac{T_s}{2}} \int_0^{\frac{T_s}{2}} I_{s_1}\sin(\omega_s t - \phi_s)\,dt = \frac{2}{\pi} I_{s_1}\cos(\phi_s)$$


$I_g$
$v_g$
+
−
$\frac{2}{\pi} I_{s_1}\cos(\phi_s)$


$I_{s_1}\sin(\omega_s t - \phi_s)$
+
−
$\frac{4V_g}{\pi}\sin(\omega t)$

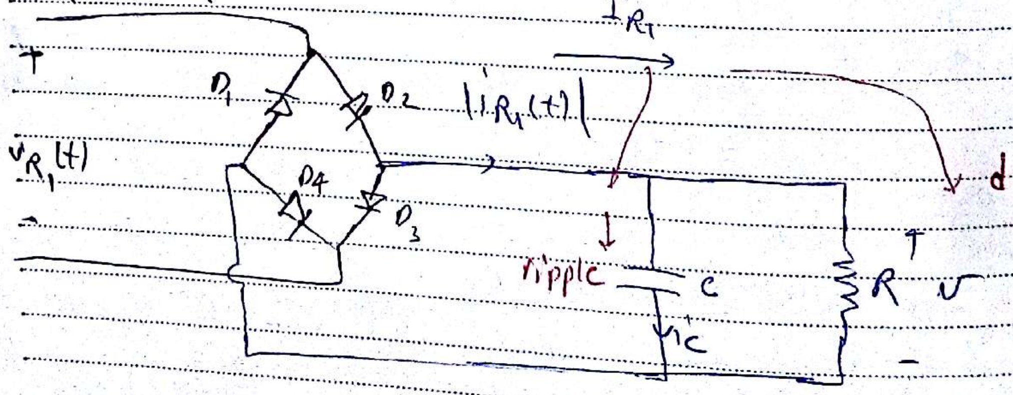
b. Resonant tank

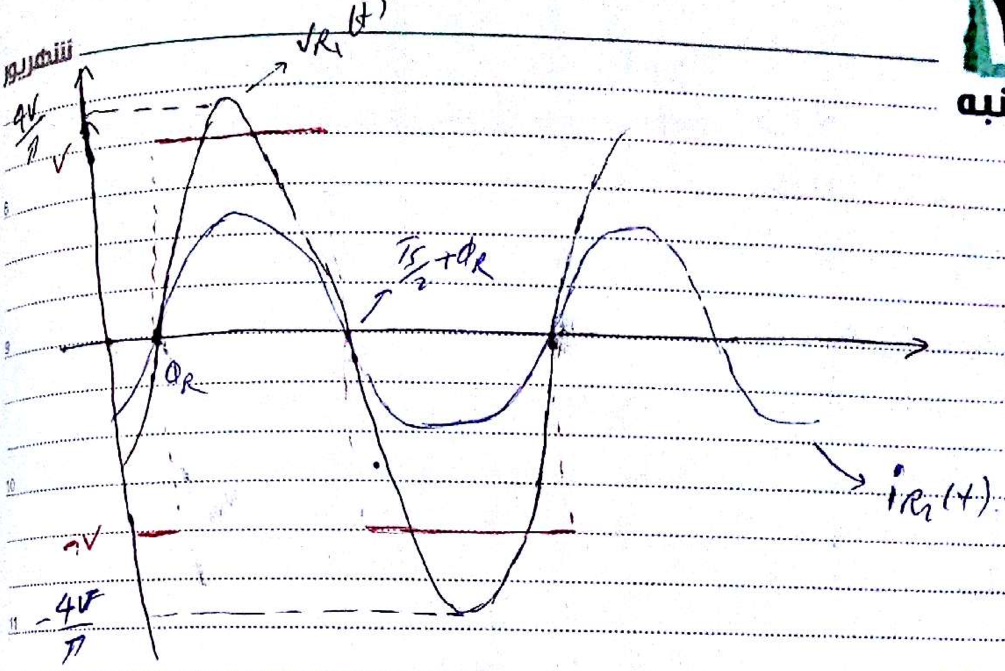

$i_{S_1}(t)$
+
$v_{S_1}(t)$
−
Resonant
tank
$i_{R_1}(t)$
+
$v_{R_1}(t)$
−

$$H(s)\Big|_{s=j\omega} = H(j\omega) = \frac{v_{R_1}(s=j\omega)}{v_{S_1}(s=j\omega)}$$

در حالت رزونانسی، دیگر عیب SRA مطرح نیست، زیرا تغییرات در فرکانس سوئیچ خیلی بالا است.

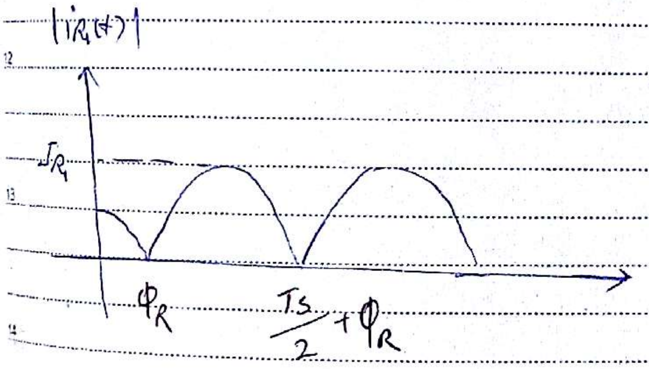
$i_{R_1}(t) = I_{R_1}\sin(\omega_s t - \phi_R)$


+
$v_{R_1}(t)$
−
$D_1$
$D_2$
$D_3$
$D4$
$|i_{R_1}(t)|$
$I_{R_1}$
dc
ripple
C
$i_C$
R
+
v
−



$$v_{R_1}(t) = \frac{4V}{\pi}\sin(\omega_s t - \phi_R)$$

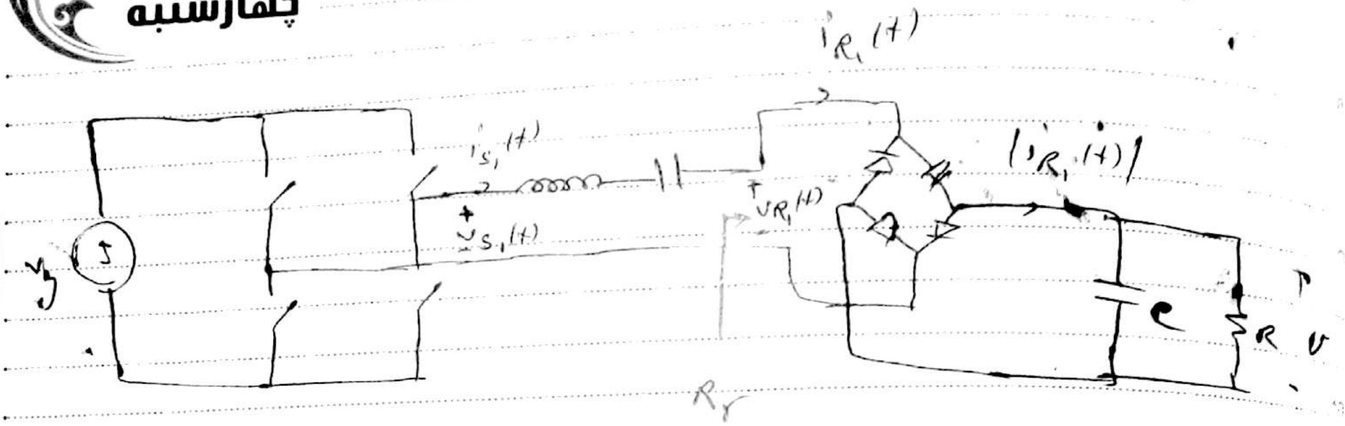
منبع $v_s$ درست آمده!



$$I_R = \langle i_{R_1}(t) \rangle = \frac{1}{\frac{T_s}{2}} \int_{\phi_R}^{\frac{T_s}{2}+\phi} I_{R_1} \sin(\omega_s t - \phi_R)\,dt = \frac{2}{\pi} I_{R_1}$$

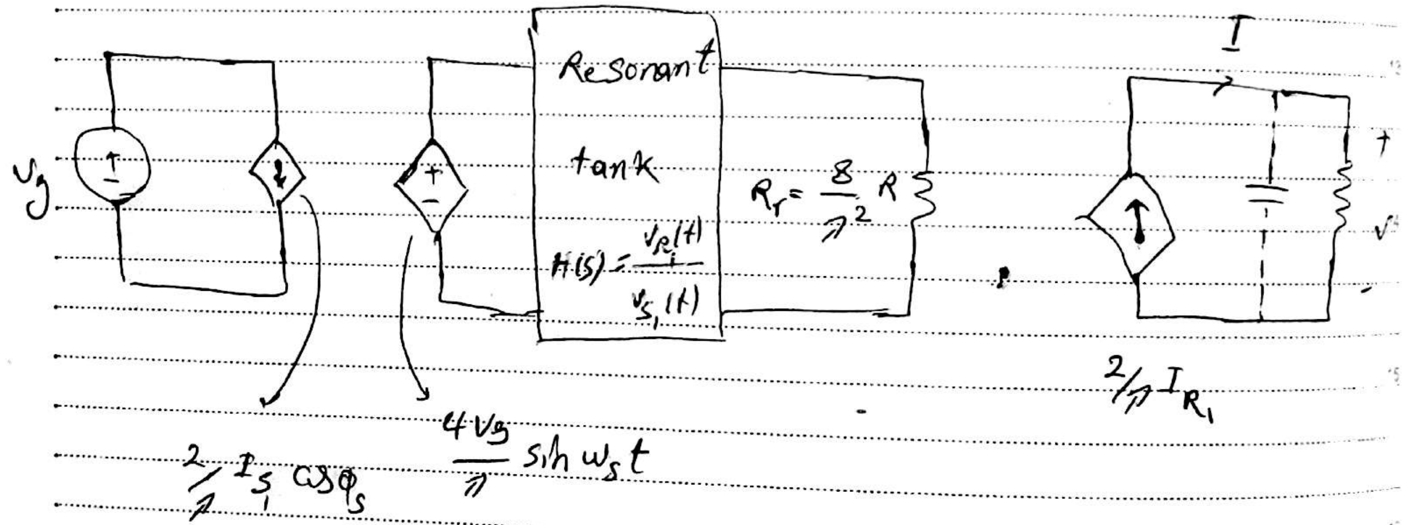
$$Z_{in-r} = \frac{v_{R_1}(t)}{i_{R_1}(t)} = \frac{\frac{4V}{\pi}\sin(\cancel{\omega_s t - \phi_R})}{I_{R_1}\sin(\cancel{\omega_s t - \phi_R})} = \frac{\frac{4V}{\pi}}{\frac{\pi}{2} I_R} = R\frac{8}{\pi^2}$$

وقتی در کار ما «اگر» نباشد، پیروز خواهیم شد.
سالروز ازدواج حضرت علی (ع) وحضرت فاطمه (س) (۲هـ ق) - روز ازدواج


$i_{R_1}(t)$
$i_{s_1}(t)$
$+ v_{s_1}(t)$
$v_{R_1}(t)$
$|i_{R_1}(t)|$
$V_g$
C
R
V
$R_r$

$v_{s_1}(t) = \frac{4V_g}{\pi}\sin(\omega_s t)$ $\qquad i_{s_1}(t) = I_{s_1}\sin(\omega_s t - \phi_s)$

$i_{R_1}(t) = I_{R_1}\sin(\omega_s t - \phi_R)$


Resonant tank
$H(s) = \frac{v_R(t)}{v_{s_1}(t)}$
$V_g$
$R_r = \frac{8}{\pi^2}R$
I
+
V
$\frac{2}{\pi}I_{R_1}$
$\frac{2}{\pi}I_{s_1}\cos\phi_s$
$\frac{4V_g}{\pi}\sin\omega_s t$

بهره (Gain

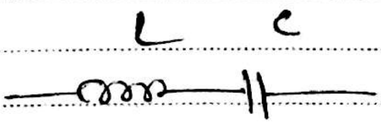
$$M = \frac{V}{V_g} = \underbrace{\frac{V}{I}}_{R}\cdot\underbrace{\frac{I}{I_{R_1}}}_{\frac{2}{\pi}}\cdot\underbrace{\frac{I_{R_1}}{V_{R_1}}}_{\frac{1}{R_r}}\cdot\underbrace{\frac{V_{R_1}}{V_{S_1}}}_{\|H(s)\|}\cdot\underbrace{\frac{V_{S_1}}{V_g}}_{\frac{4}{\pi}} =$$

$$M = \frac{\cancel{8}}{\cancel{\pi^2}}\frac{\cancel{R}}{\cancel{R_r}}\left\|H(s)\right\|_{s=j\omega} = \left\|H(s)\right\|_{s=j\omega} = \left\|H(j\omega)\right\|$$

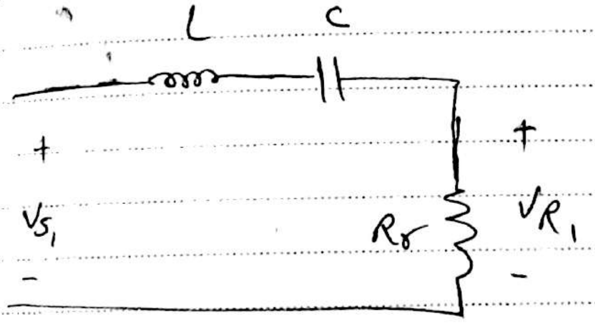
بهتر است انسان کار صحیح انجام دهد تا کار را به روش صحیح انجام دهد.

Gain، فقط، تابع تبدیل Resonant tank، مثل حالت

example :



$$\left|\,|H(j\omega)|\,\right| = ?$$



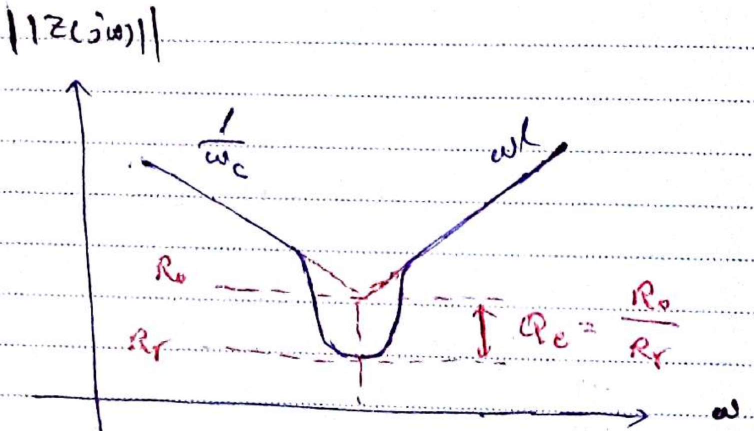
$$H(s) = \frac{V_{R_1}(s)}{V_{s_1}(s)} = \frac{R_r}{R_r + Ls + \frac{1}{Cs}}$$

$$H(j\omega) = \frac{R_r}{\underset{Z(s)}{\boxed{R_r + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}}} = \frac{R_r}{Z(s)} \quad \Bigg| \quad = \frac{R_r}{Z(j\omega)}$$

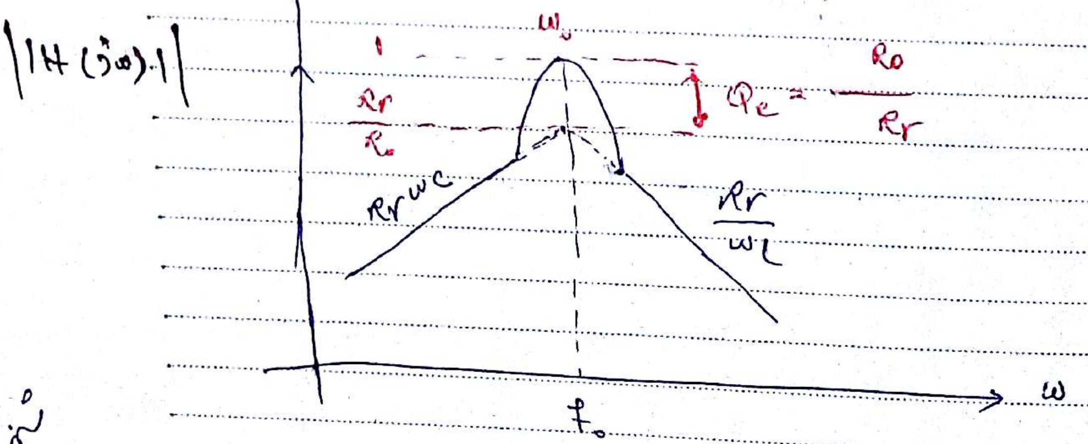
شرکی

$$\Rightarrow \begin{cases} H(s) = \dfrac{\frac{s}{Q_e \omega_0}}{1 + \frac{s}{Q_e \omega_0} + \left(\frac{s^2}{\omega_0}\right)^2} \\ Q_e = \dfrac{R_0}{R_r} \\ R_0 = \sqrt{\dfrac{L}{C}} \\ \omega_0 = 2\pi f_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} \end{cases}$$

$$H(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{Q_c^2\left(\frac{1}{F}-F\right)^2+1}} \quad , \quad F = \frac{f_s}{f_0}$$

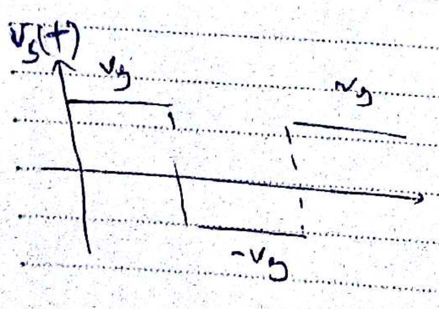


نشان می‌دهد:
هرچه فرکانس کمتر شود، امپدانس خازنی‌تر
⇒ هرچه فرکانس بیشتر شود، امپدانس سلفی‌تر می‌شود.



بیشترین Gain را در $f = f_0$ داریم که $V_s = V_g$، هرچه Q بیشتر باشد، دارای Gain شیب بیشتری است.

می‌خواهیم Gain را حساب کنیم:



$$V_s(t) = \frac{4V_g}{\pi}\sum_n \frac{1}{n}\sin(n\omega_s t)$$

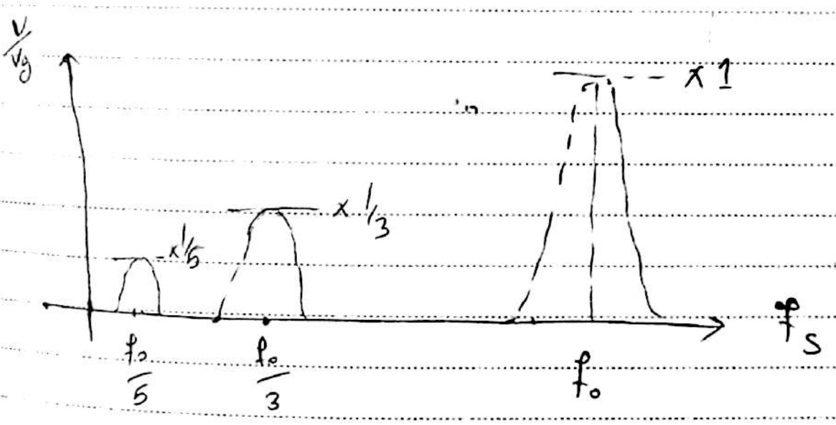
for example ⇒ $f_s = \frac{f_0}{3} \rightarrow f_0 = \boxed{3f_s}$

در این فرکانس، تشدید رخ می دهد (هارمونیک سوم)

$$v_{s_3}(t) = \frac{4V_g}{3\pi} \sin(3\omega_s t)$$

$$\frac{V}{V_g} = \frac{|\,|H(j\omega)|\,|}{n}$$

برای $\boxed{n=3}$



Subharmonic modes

اگر فرکانس، بیشتر از فرکانس $f_0$ شود ما می‌بینیم که دوباره $V/V_g$ کاهش پیدا کند

پس با $f<f_0$ فرق پیدا می‌کند، بنابراین اگر $f<f_0$ اشتباه می‌شود چون را اشاره

ولی در فرکانس $f>f_0$، تحت اثر $f<f_0$ می‌باشد و همچنین کنترل آن کمتر

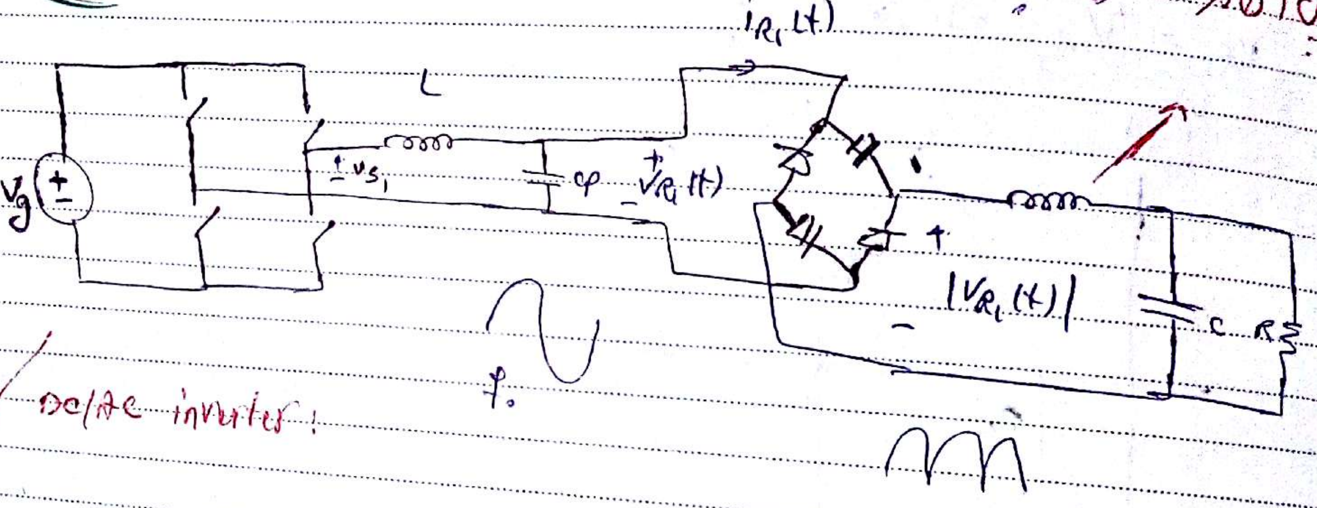
می‌باشد.

به دلیل وجود خازن cp

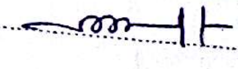
به خاطر اینکه $|V_{R_1}(t)|$ ، فوق [illegible] خازنیه

ما توقع داریم تغییر کمتری بکنه برای همین سلف می‌گذاریم تا جریان $|V_{R_1}(t)|$ را صاف کنه

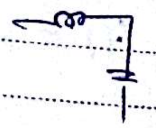
دلیل اینکه خازن می‌گذاریم



DC/AC inverter!

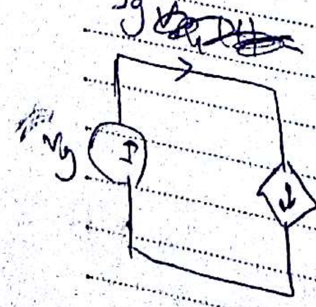


در: ، [illegible] لازم بود

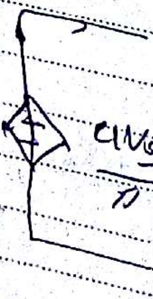


یک فیلتر پایین گذر است
(بخاطر وجود سلف سری.)

در قبل ، چون ما سینوسی بود ، بنابراین در خروجی دیودها $|i_{R_1}(t)|$ داشتیم [illegible]
(بخاطر وجود خازن موازی.)
$V_{R_1}(t)$ ، سینوسی است و در خروجی $|V_{R_1}(t)|$ داریم.



$$i_{s_1}(t) = I_{s_1}\sin(\omega_s t - \varphi_s)$$

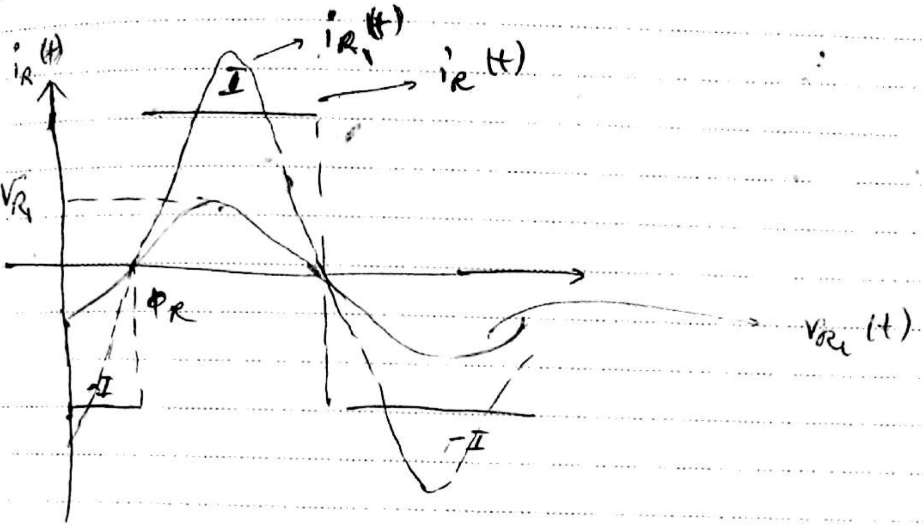


$$\frac{4V_g}{\pi}\sin(\omega_s t)$$

$$\frac{2I_{s_1}}{\pi}\cos(\varphi_s)$$

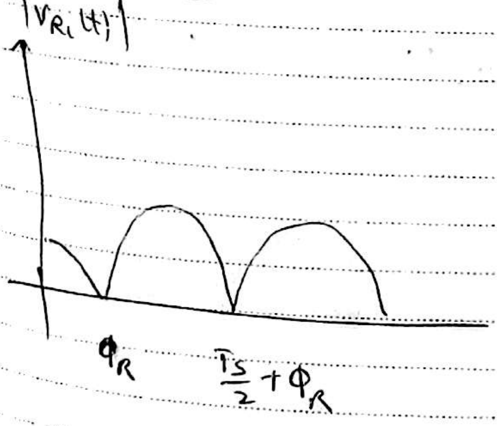
AC/DC rectifier:

$v_{R_1} = V_{R_1} \sin(\omega_s t - \phi_R)$


$i_R(t)$
$i_{R_1}(t)$
$i_R(t)$
I
$V_{R_1}$
$\phi_R$
-I
$v_{R_1}(t)$
-I

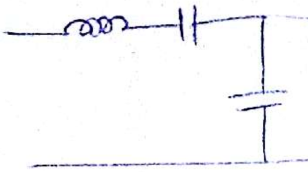
$$i_R(t) = \frac{4I}{\pi} \sum_n \frac{1}{n} \sin(n\omega_s t - \phi_R) \longrightarrow$$

$$I_{R_1}(t) = \overset{I_{R_1}}{\frac{4I}{\pi}} \sin(\omega_s t - \phi_R)$$


$|v_{R_1}(t)|$
$\phi_R$
$\frac{T_s}{2}+\phi_R$

$$\langle V \rangle = \langle |v_{R_1}(t)| \rangle = \frac{1}{\frac{T_s}{2}} \int_{\phi_R}^{\frac{T_s}{2}+\phi_R} |v_{R_1} \sin(\omega_s t - \phi_R)| \, dt =$$

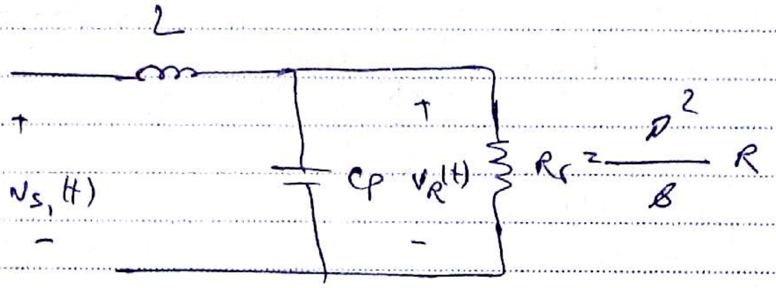
$$\frac{2}{\pi} V_{R_1} \Longrightarrow V_{R_1} = \frac{\pi}{2} V$$



$|v_{R_1}(t)|$ را اگر بگیریم
یا
$\boxed{|\overset{\circ}{i}_{R_1}(t)|}$

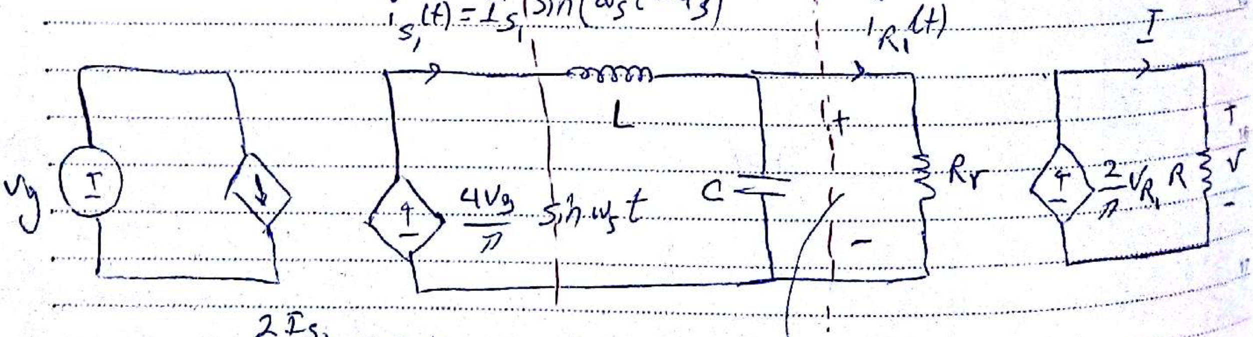
$$R_r = \frac{V_{R_1}\sin(\omega_s t-\Phi_R)}{\frac{4I}{\pi}\sin(\omega_s t-\Phi_R)} = \frac{V_{R_1}}{\frac{4I}{\pi}} = \frac{\frac{\pi}{2}V}{\frac{4I}{\pi}} = \frac{\pi^2}{8}\overset{R}{\left(\frac{V}{I}\right)}$$

$$R_r = \frac{\pi^2}{8}R$$


L
+
$v_{s_1}(t)$
−
Cp
+
$v_R(t)$
−
$R_r = \frac{\pi^2}{8}R$

$$H(s) = \frac{V_{R_1}(s)}{V_{S_1}(s)}$$

$\overset{\circ}{i}_{s_1}(t) = I_{s_1}\sin(\omega_s t-\Phi_s)$


$v_g$
I
L
$\frac{4V_g}{\pi}\sin\omega_s t$
C
+
−
$\overset{\circ}{i}_{R_1}(t)$
$R_r$
I
$\frac{2}{\pi}V_{R_1}$
R
+
V
−

$$\frac{2I_{s_1}}{\pi}\cos\Phi_s$$

$$H(s) = \frac{V_{R_1}(t)}{V_{S_1}(t)}$$

$$v_{R_1}(t) = V_{R_1}\sin(\omega_s t-\Phi_R)$$

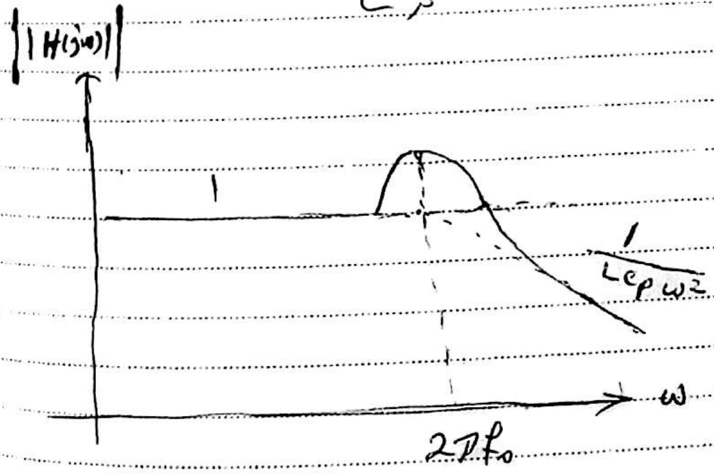
$$\frac{v}{V_g} = \underbrace{\frac{V}{I}}_{R}\;\underbrace{\frac{I}{I_{R_1}}}_{\frac{\pi}{4}}\;\underbrace{\frac{I_{R_1}}{V_{R_1}}}_{\frac{1}{R_r}}\;\underbrace{\frac{V_{R_1}}{V_{S_1}}}_{H(s)}\;\underbrace{\frac{V_{S_1}}{V_g}}_{\frac{4}{\pi}}$$

$$M = \frac{V}{V_g} = \frac{R}{R_r} \circ |H(s)| = \frac{R}{\frac{\pi^2}{8}R} H(s)$$

$$M = \frac{8}{\pi^2} \left\| H(s) \right\|$$

$$H(s) = \frac{V_{R_1}(s)}{N_{S_1}(s)} = \frac{\left(\frac{1}{C_p s} \| R_r\right)}{Ls + \left(\frac{1}{C_p s} \| R_r\right)} \cdot \frac{Ls}{Ls}$$

$$= \frac{Ls \| \frac{1}{cs} \| R_r}{Ls}$$



که فیلتر پایین گذر می باشد.

در فرکانس های پایین $\frac{Ls}{Ls} = 1$

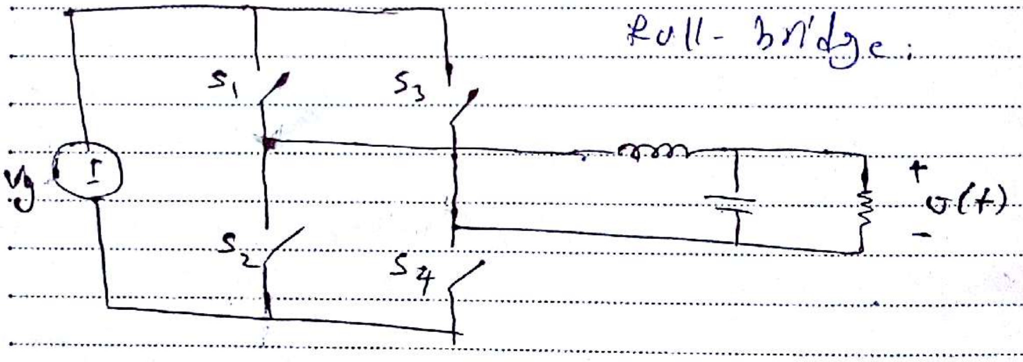
" " بالا $\frac{\frac{1}{cs}}{Ls} = \frac{1}{Lcs^2}$

modulation:

pwm : Hard switching

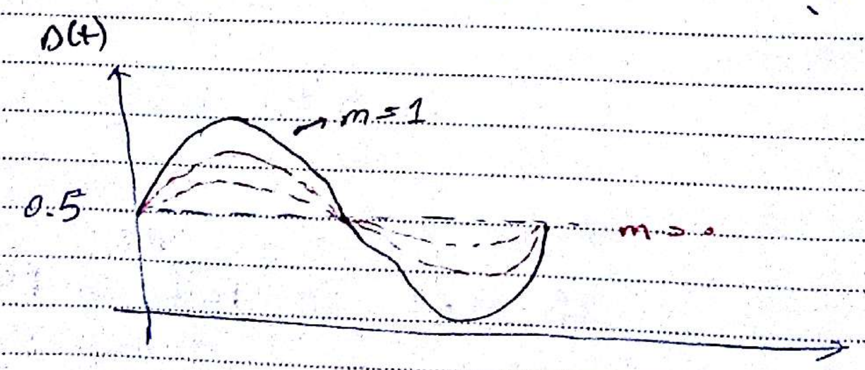
soft switching   برای کاهش تلفات سوئیچ‌زنی
(pwm و resonant)

Full- bridge:



$v(t) = m V_g \sin(wt)$

$v(t) = (2D(t) - 1) V_g$   $0 < D(t) = (0.5 + m\, 0.5 \sin wt) < 1$



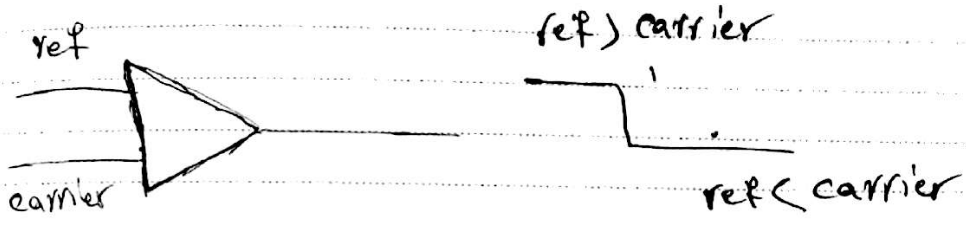
$0 < m < 1$

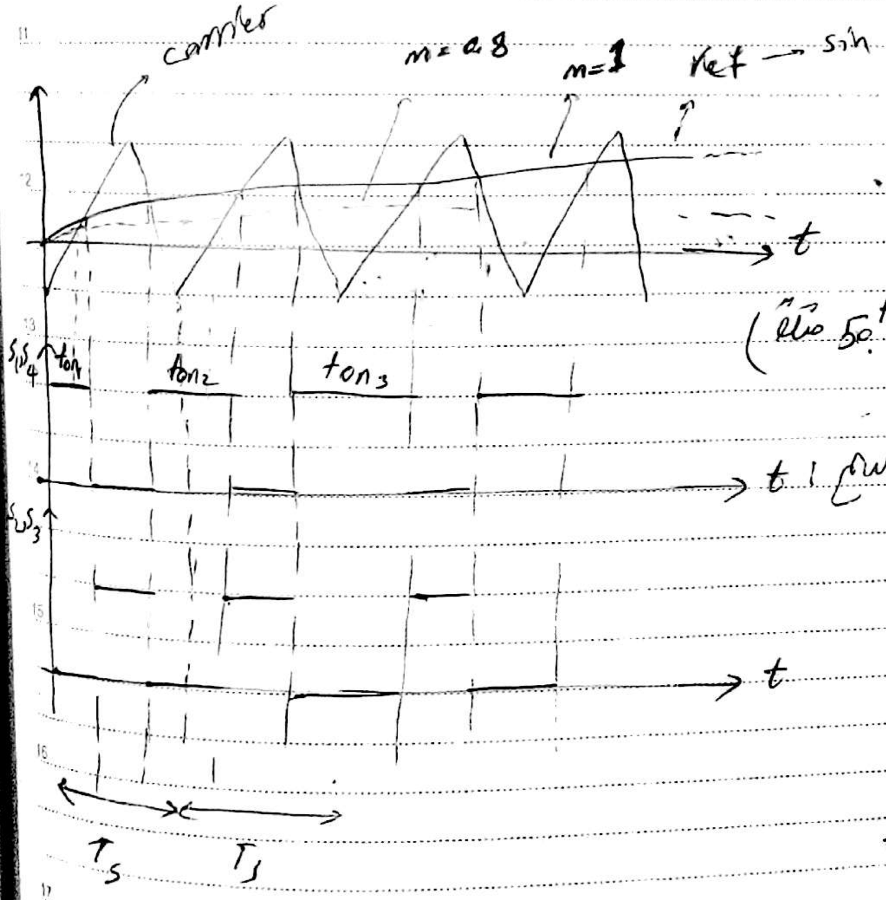
m پارامتری است که دامنه سینوسی را تغییر می‌دهد.

از روی D ، باید شکل موج‌های سوئیچ‌های $S_1$ تا $S_4$ را بدست آوریم.

pwm → Hard switching ⟶ sinusoidal pulse width modulation)

( spwm )


ref
carrier
ref > carrier
ref < carrier

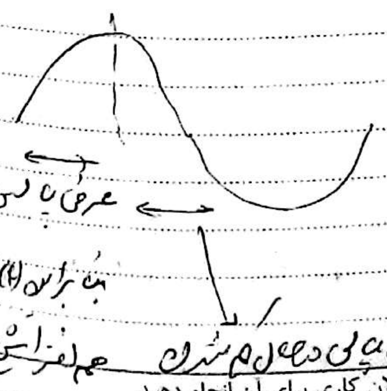

carrier
m = 0.8
m = 1
ref → sin
t
$S_1S_4$
$t_{on_1}$
$t_{on_2}$
$t_{on_3}$
t
$S_2S_3$
t
$T_s$
$T_s$

فرض کردیم که فرکانس carrier :

40 برابر فرکانس خروجی باشد ( 50Hz مثلاً )

در 20ms ، 40 تا شکل مثلثی کشیدیم !

$t_{on_3} > t_{on_2} > t_{on_1}$

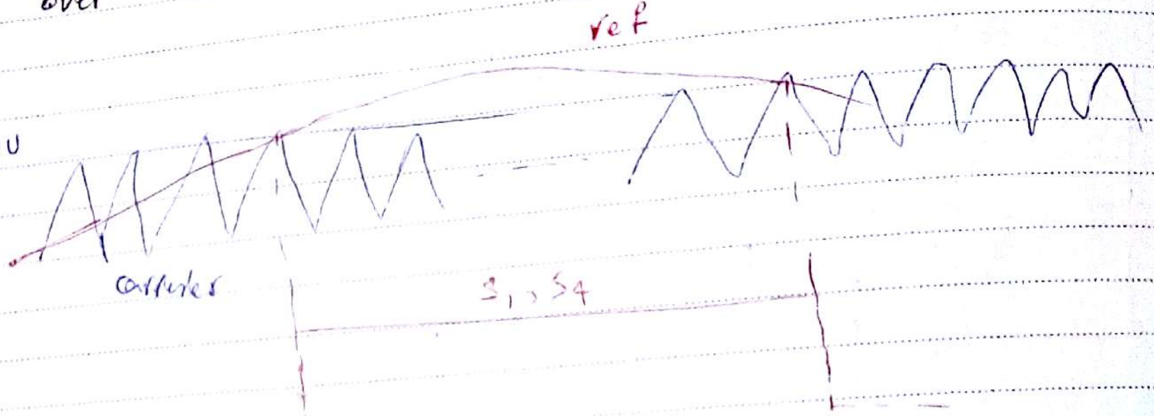

عرض پالس در حال افزایش
بنابراین D(t) در حال افزایش هم افزایش پیدا می کند
عرض پالس در حال کم شدن

if $m = 1 \Rightarrow \overset{ref}{peak} = \overset{carrier}{peak}$

اگر 0.8 = m بشود، آن گاه پهنای [illegible] کاهش پیدا می کند → D(t) نیز کاهش پیدا می کند.

$0 < m < 1$ → linear modulation

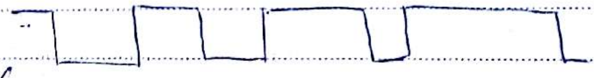
over modulation



ممکن است که چندین پریود، سوئیچ $S_1$ و $S_4$ روشن باشد ← over modulation

و این مطلوب نیست، زیرا باتری را به تحلیل می‌برد.

اجزای طیف فوریه شکل موج روشن بودن کلیدهای $S_1$ و $S_4$:



زمان روشن شدن بیشتر می‌شود و خاموش شدن کم می‌شود.

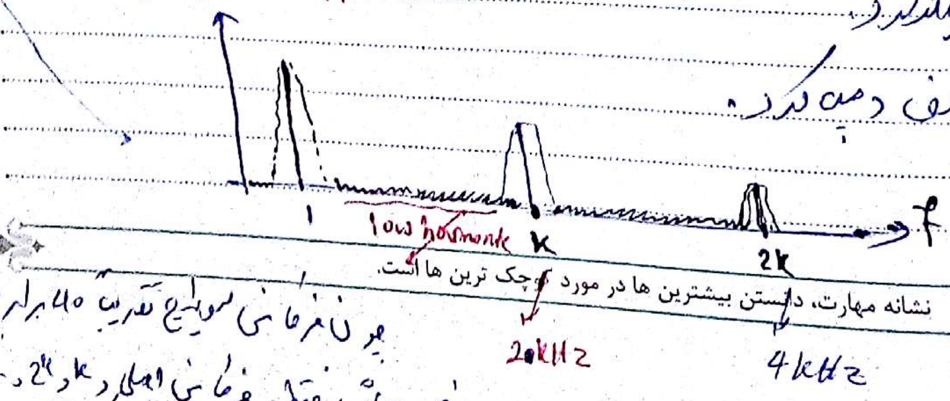
$$\frac{f_{carrier}}{f_{ref}} = k \qquad (k = 40)$$

||v ([illegible])||

مزیت: هارمونیک پایین را ندارد.

هارمونیک بالا را می‌توان با یک فیلتر دفع کرد.

$k$ ها را انتخاب کنند



چون هارمونی‌ها معمولاً هم در

تعداد فرکانس ref

بیشتری مقدار را دارند، مدولاسیون انجام شود.

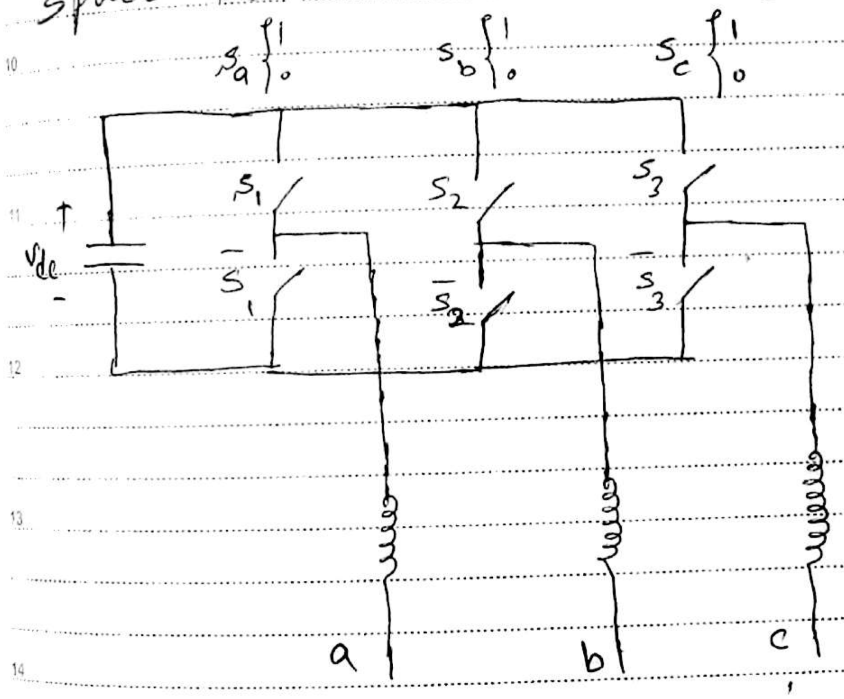
چون فرکانس سوئیچ تقریباً ۴۰ برابر فرکانس

منبع می‌باشد، فقط در فرکانس‌های اطراف k و 2k و ... هارمونی داریم

دامنه قابل ترجمه است ← دیگر هارمونیک‌ها از 3k به بعد را افزایش

وقتی فرکانس های مدولاسیون برای v(t) می باشد. ref ما هم همان (v(t)) می باشد.

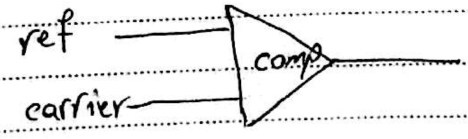
space vector modolation (SVM)


$S_a \begin{cases}1\\0\end{cases}$
$S_b \begin{cases}1\\0\end{cases}$
$S_c \begin{cases}1\\0\end{cases}$
$S_1$
$\bar{S}_1$
$S_2$
$\bar{S}_2$
$S_3$
$\bar{S}_3$
$V_{dc}$
+
-
a
b
c

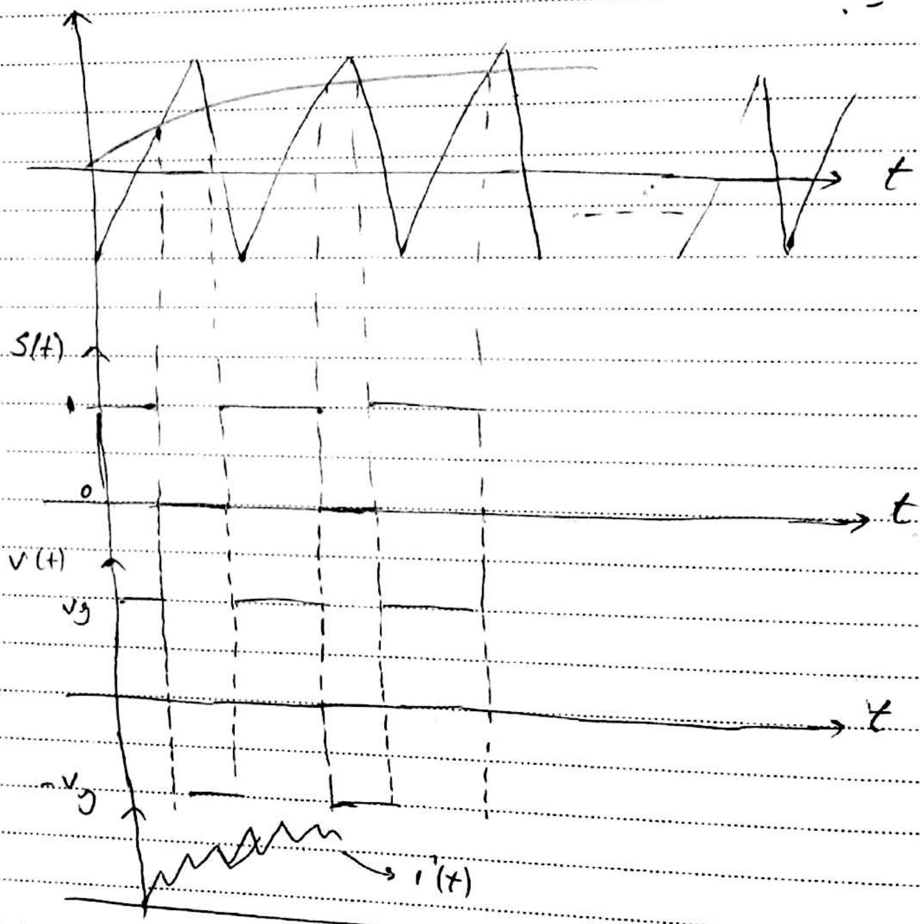
بر طبق جهت سوئیچینگ ←

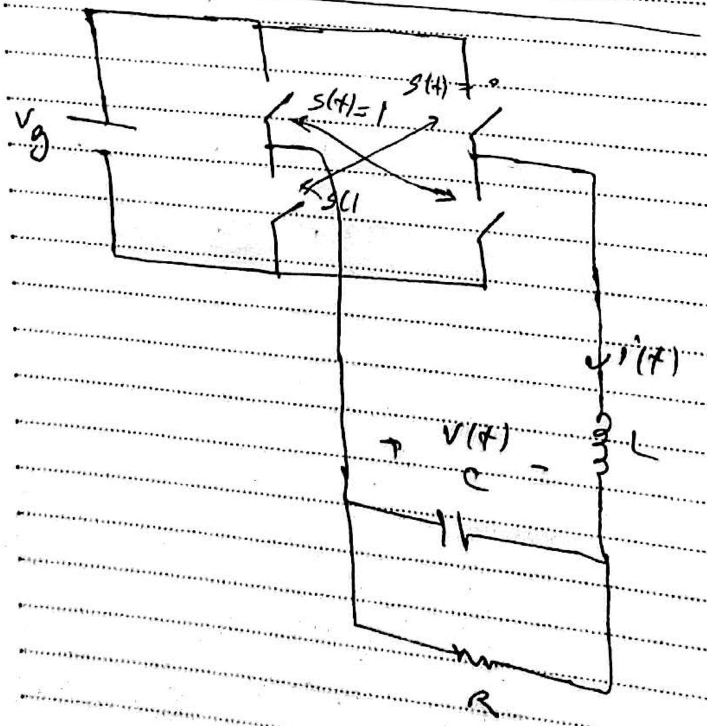
با یک روش اینها را

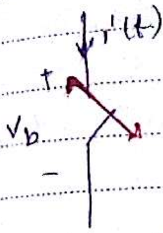
| Sa | Sb | Sc | Sabc |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 111 |
| 1 | 1 | 0 | 110 |
| 1 | 0 | 1 | ' |
| 1 | 0 | 0 | ' |
| 0 | 1 | 1 | ' |
| 0 | 1 | 0 | ' |
| 0 | 0 | 1 | ' |
| 0 | 0 | 0 | ' |

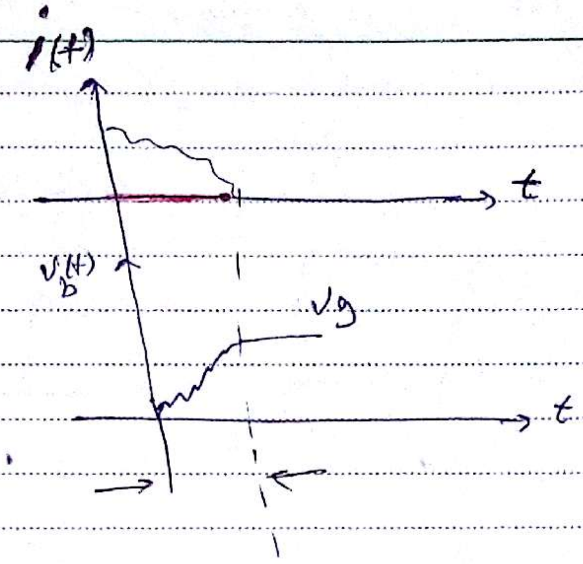

ref
carrier
comp

مفهوم soft switching : چون در لحظه‌ی قطع سوئیچ‌ها، شیب جریان و ولتاژ در هنگام قطع سوئیچ ها ~~[illegible]~~ یعنی شیب جریان غیر صفر از سوئیچ عبور می‌کند در لحظه‌ی قطع با بار القایی، در لحظه وصل، شیب ولتاژ در سر خازن بود، اما بعد از لحظه وصل به صفر برسد. باعث ایجاد تلفات می‌شود.







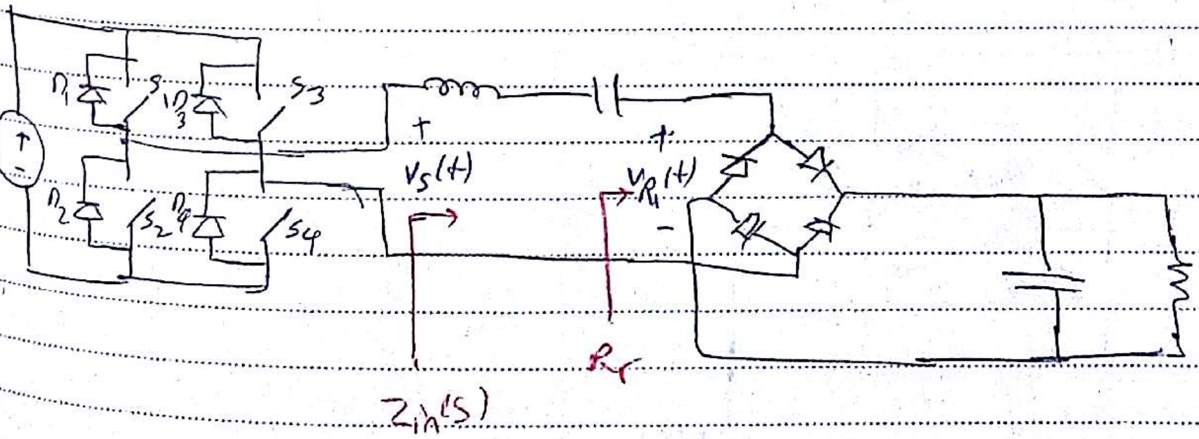


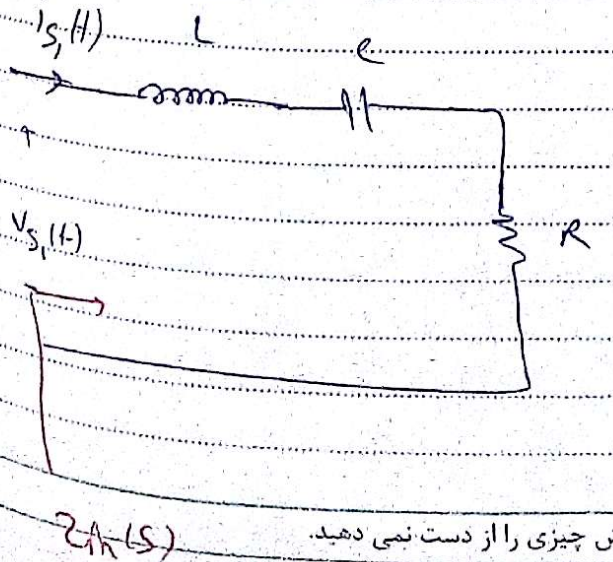
Hard switching $v_b(t)\times i'(t) \neq 0$

soft switching ⇐ $v_b(t)\times i'(t) = 0$

soft-switching :

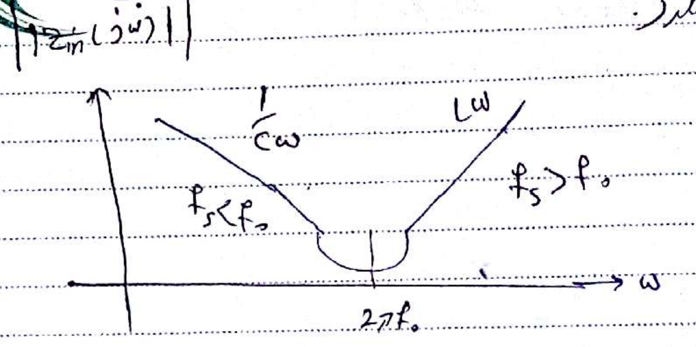
روز همبستگی و همدردی با کودکان و نوجوانان فلسطینی


$D_1$
$D_3$
$S_3$
$V_g$
$D_2$
$S_2$
$D_4$
$S_4$
+
$v_s(t)$
+
$v_{R_1}(t)$
-
$R_1$
$Z_{in}(s)$

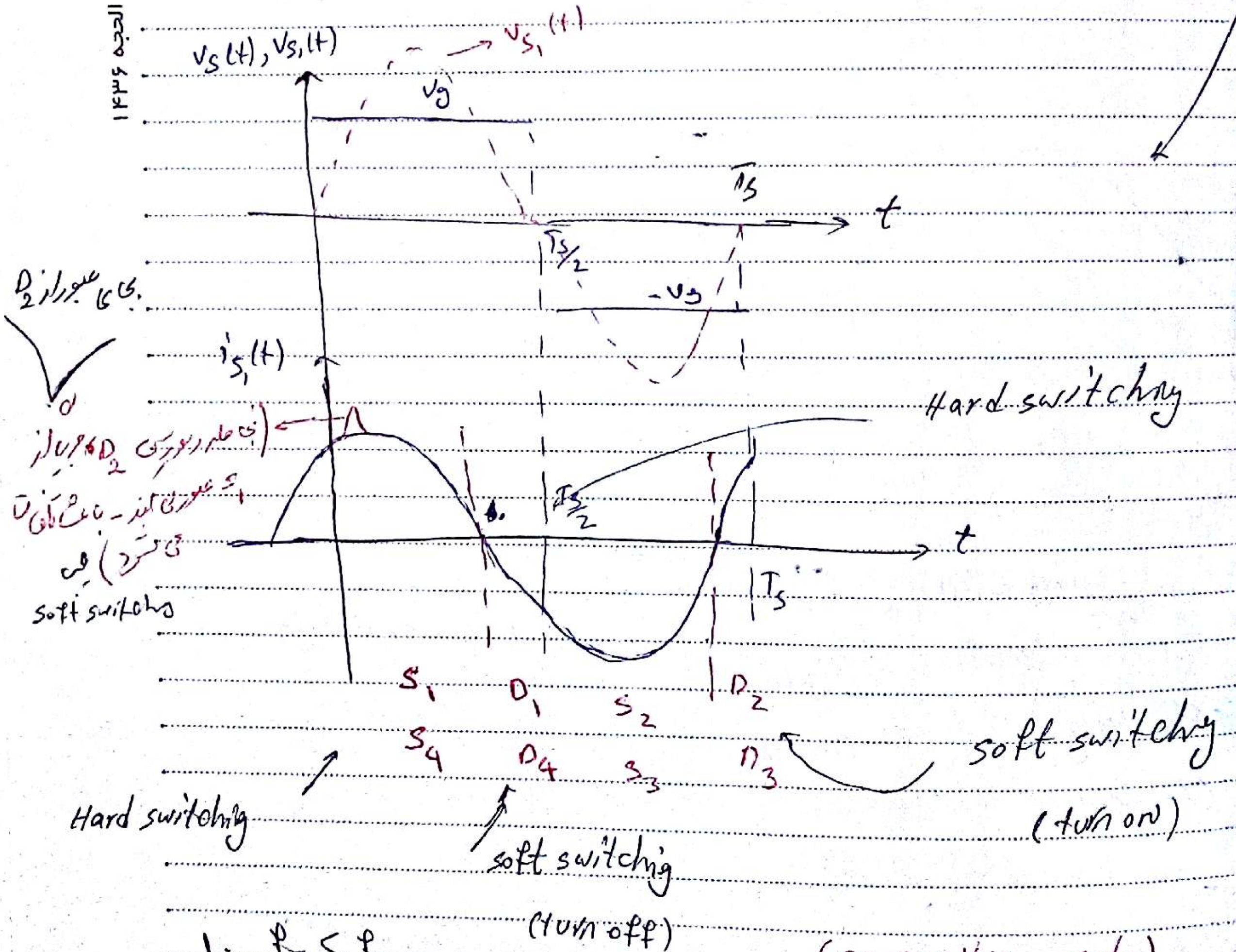

$i_{s_1}(t)$
L
C
+
$v_{s_1}(t)$
R
$Z_{in}(s)$

$$Z_{in}(s) = Ls + \frac{1}{Cs} + R$$

در فرکانس های پایین، رفتار خازنی دارد.



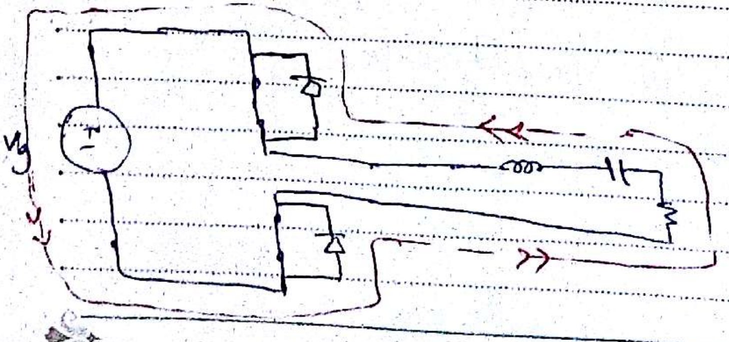
چون سلفی است



بجای عبور از $D_2$

(این جا علاوه بر $D_2$ که جریان از آن عبور می کند - باعث تلفات می شود) یعنی soft switching

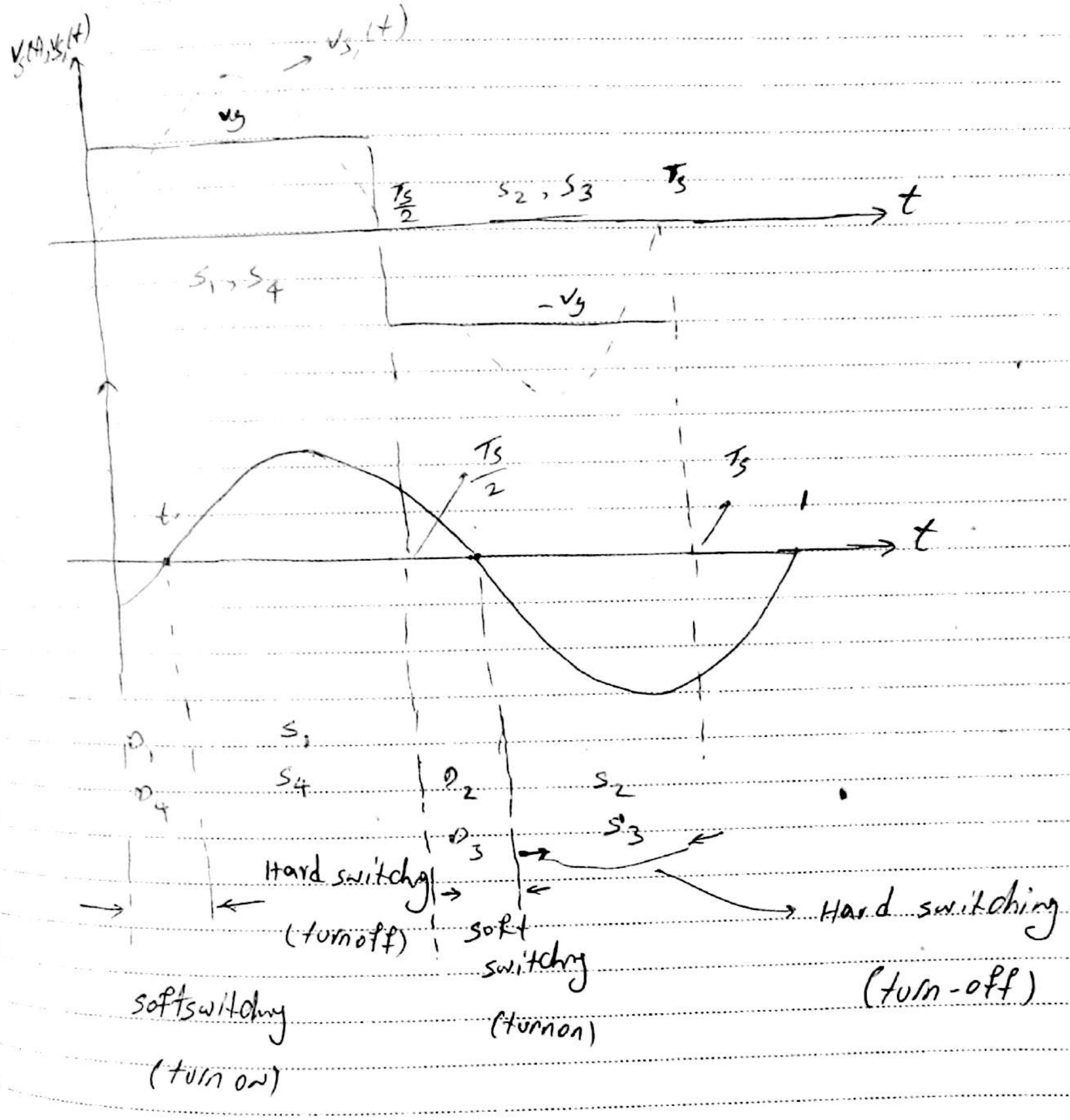
1. $f_s < f_0$ → (Capacitive mode)



اگر در فاصله ای که $D_1$, $D_4$ روشن اند، فرمان سوئیچ را بدهیم، ولتاژ دو سر سوئیچ برابر صفر است، بدون تلفات روشن می شود ← soft switching

Zero current switching (ZCT)

2. $f_s > f_0$ (inductive mode)


$v_s, i_s(t)$
$v_s, i(t)$
$v_g$
$\frac{T_s}{2}$
$S_2, S_3$
$T_s$
$t$
$S_1, S_4$
$-v_g$
$t_0$
$\frac{T_s}{2}$
$T_s$
$t$
$D_1$
$D_4$
$S_1$
$S_4$
$D_2$
$D_3$
$S_2$
$S_3$
Hard switching (turnoff)
soft switching (turnon)
Hard switching (turn-off)
softswitching (turn on)

در اینجا، چون ولتاژ دو سر کلید برابر صفر است، بنابراین تلفات C آن برابر صفر باشد (مزیت نسبت به حالت قبل).

Zero voltage switching (ZVS)