بسم الله الرحمن الرحیم

جزوه کلاسی درس منابع تغذیه

دانشگاه ازاد اسلامی واحد تهران جنوب

استاد دکتر علیرضا هادی

نیمسال دوم سال تحصیلی 95–94

باتشکر از اقای علی محمدی

تهیه کننده :محسن درویش کسا

شماره دانشجویی9212912871

www.darvishkasa.blog.ir

Subject:
Year Month Date ( )

جلسه اول 94,7,6

منابع تغذیه :

«علی محمدی»

تأمین ولتاژ تثبیت شده ثابت برای کاربردهای معین .

مباحث درس :

- مفاهیم و کلیات و انواع منابع تغذیه
- آشنایی با عملکرد منابع تغذیه خطی و مزایا و معایب
- معرفی منابع تغذیه سوئیچینگ و انواع آن و مزایا و معایب
- معرفی انواع مبدل های سوئیچینگ (آشنایی با مدار و نحوه عمل آن ها)
- طراحی منبع تغذیه سوئیچینگ به روش فلای بک
- طراحی منبع تغذیه سوئیچینگ به روش فوروارد
- معرفی یک نمونه عملی طراحی شده

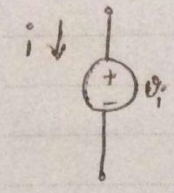
منابع و مآخذ :

۱- منابع تغذیه سوئیچینگ	دکتر ابریشمی	دانشگاه علم و صنعت	
2. Switching Power supply	Abraham Pressman		
3. Power supply cook book	marky braun	2nd edition	2001
4. Switchmode Power Supply	Hand Book	Billing & morey	2011

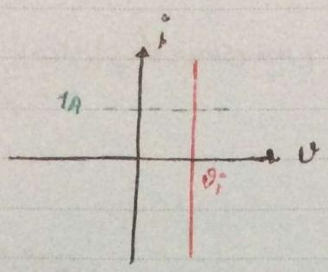
PAPCO

www.darvishkasa.blog.ir

منبع تغذیه ولتاژ ثابت مستقل ایده آل



مشخصه ولت آمپر



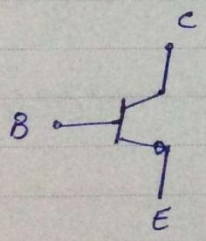
برای دست یابی به مشخصه بالا از رگولاتور یا تنظیم کننده استفاده می کنیم.

رگولاتور

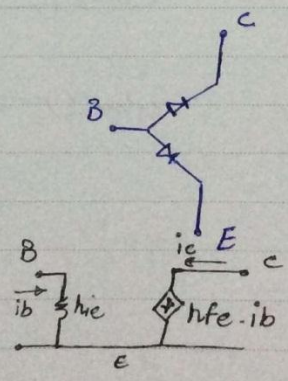
خطی : ترانزیستور (ها) (عنصر الکترونیک قدرت) به صورت خطی (فعال) کار می کند.

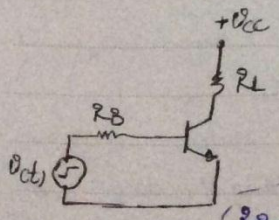
غیرخطی (سوئیچینگ) : ترانزیستور(ها) (عنصر الکترونیک قدرت) به صورت قطع و وصل کار می کند (به صورت قطع و اشباع).

NPN



$V_{CE} \geq 3V \Rightarrow$ فعال





$(R_B = \frac{5.7 - 0.7}{1mA} = 5k\Omega)$

$i_c = \beta i_b = 100 \times 1mA = 100mA$

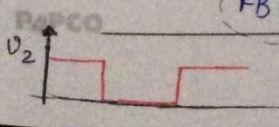
$\beta = 100$, $i_b = 1mA$, $V_{cc} = 10V$

$R_L = 1k\Omega$, $R_B = 5k\Omega$

$V_{cc} = R_L \cdot I_C + V_{CE}$

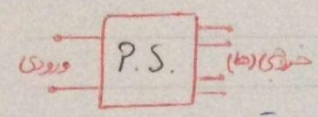
$10^V = 1^K \times 100^{mA} + V_{CE}$

$V_{CE} = -90V$?



$$I_{C\,sat} = \frac{V_{cc} - V_{CE\,sat}}{R_L} = \frac{10}{1k\Omega} = 10mA$$

پارامترهای مهم در منابع تغذیه:



ورودی:

ولتاژ نامی $V_{in(nom)}$ ولتاژ ورودی در 90٪ موارد دارای این مقدار است.

ولتاژ ورودی حداکثر $V_{in(max)}$

ولتاژ ورودی حداقل $V_{in(min)}$

فرکانس ورودی:

جریان ورودی نامی $I_{in\,nom}$

جریان ورودی حداکثر $I_{in\,max}$ ← جریان هجومی

جریان ورودی حداقل $I_{in\,min}$

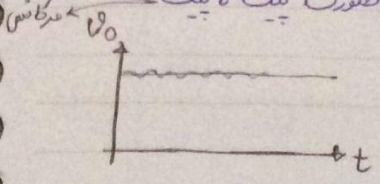
خروجی:

مشترک برای هر نوع بار:

- ولتاژ نامی خروجی $V_{o\,nom}$
- ولتاژ خروجی حداکثر $V_{o\,max}$
- ولتاژ خروجی حداقل $V_{o\,min}$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

ریپل ولتاژ خروجی : مقدار تغییرات ac ولتاژ خروجی به صورت پیک تا پیک



$$P_{out} = \sum_{i=1}^{n} P_i$$ → توان خروجی ام i

n : تعداد خروجی ها

$I_{o\,nom}$ جریان نامی خروجی

$I_{o\,max}$ جریان حداکثر خروجی

$I_{o\,min}$ جریان حداقل خروجی

$I_{o\,S.C}$ جریان اتصال کوتاه خروجی

$$\%\,load\ Reg = \frac{V_{o(FL)} - V_{o(HL)}}{V_{o(FL)}} \times 100$$

ضریب رگولاسیون (تنظیم) بار

میزان واستگی ولتاژ خروجی به تغییرات بار

$$بار = \frac{1}{R_L}$$

$$\%\,line\ Reg = \frac{V_{o(Hi_in)} - V_{o(lo_in)}}{V_{o(nom_in)}} \times 100$$

ضریب رگولاسیون خط

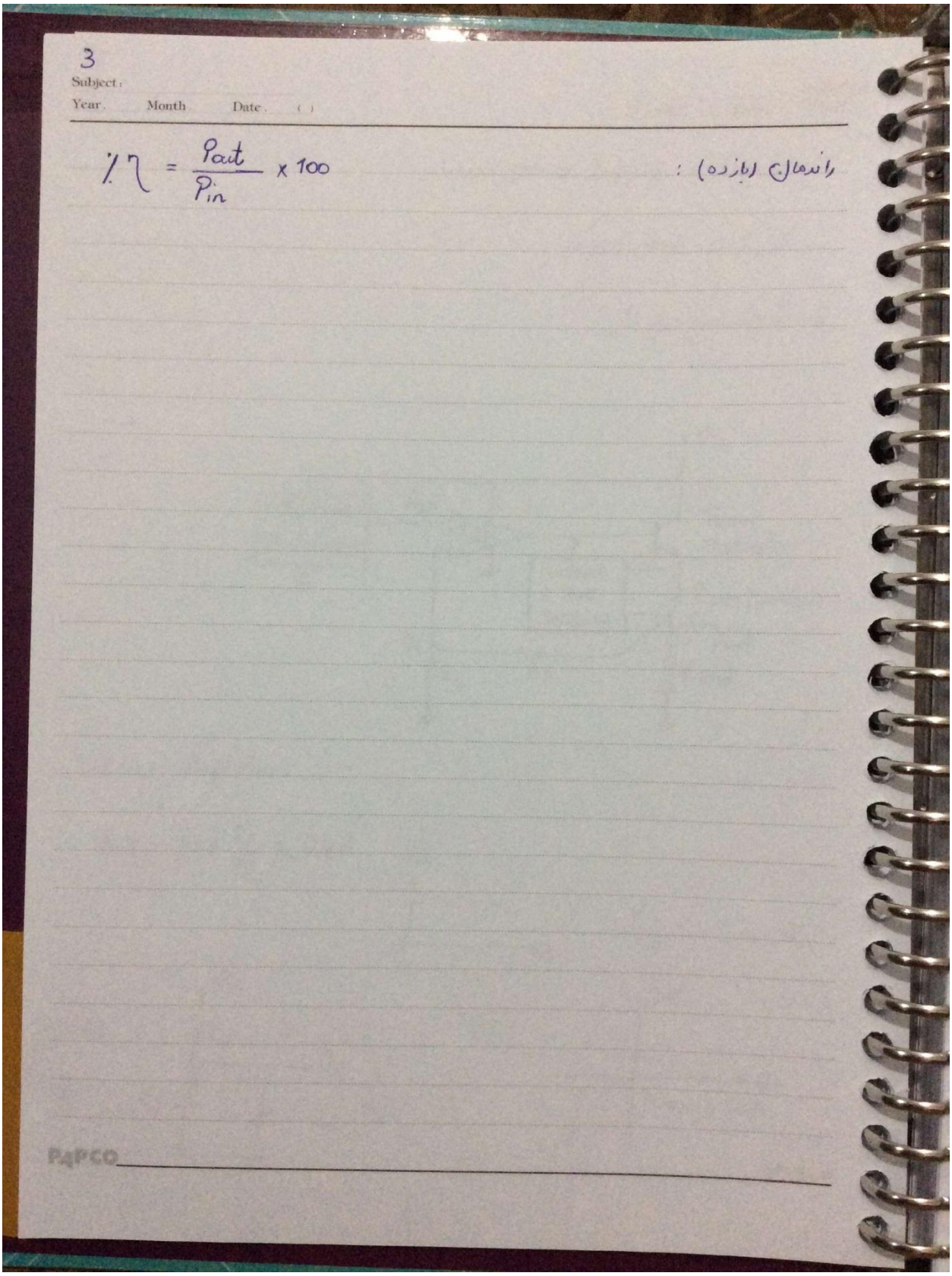
180 V 240

240 → $V_{o(Hi_in)}$ 12.2

180 → $V_{o(lo_in)}$ 11.9

$$\frac{12.2 - 11.9}{12} \times 100 = 2.5\%$$

PAPCO


3
Subject:
Year. Month Date. ( )
$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$
راندمان (بازده) :
PdPCO

4

Subject:

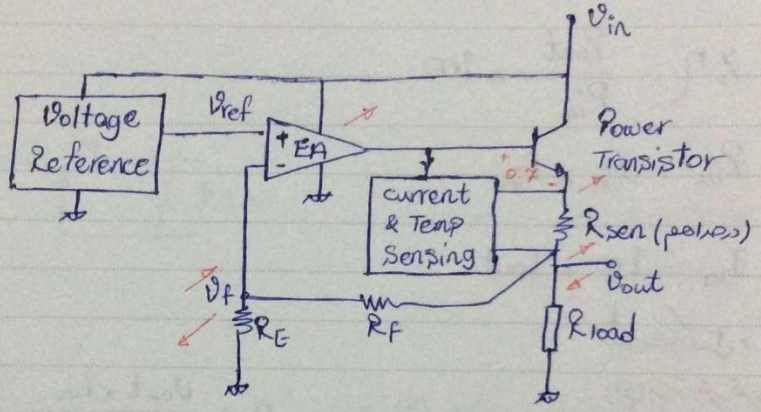
Year. Month. Date. ( )

جلسه دوم 94,7,20

Linear power Supply منابع تغذیه خطی

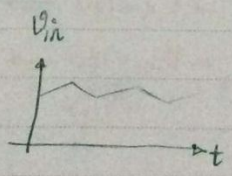
عضو الکترونیک قدرت خطی کار می‌کند.

بلوک دیاگرام یک منبع تغذیه خطی:



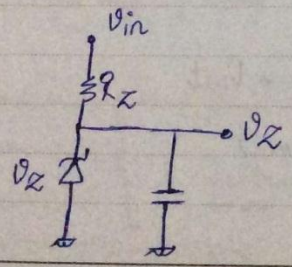
Error Amplifier

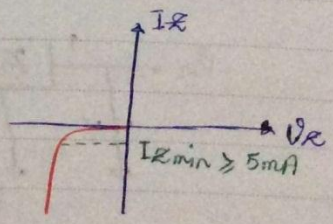
$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_F}{R_E}\right) \times V_{ref}$$



ولتاژ ثابت غیر رگوله: V_{in}

ولتاژ مرجع:

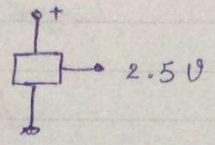




Subject:
Year. Month. Date. ( )

$$V_f = V_{Ref} = \frac{R_E}{R+R_f} \times V_{out} = V_{ref}$$

IC : TL431



راندمان در منابع تغذیه خطی : با تغییر ولتاژ ورودی، راندمان تغییر می‌کند!

$$\%\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$I_{in} = I_Q + I_{out}$$

جریان بایاس کلکتور و بیس ترانزیستور قدرت

$$P_{out} = V_{out} \cdot I_{out}$$

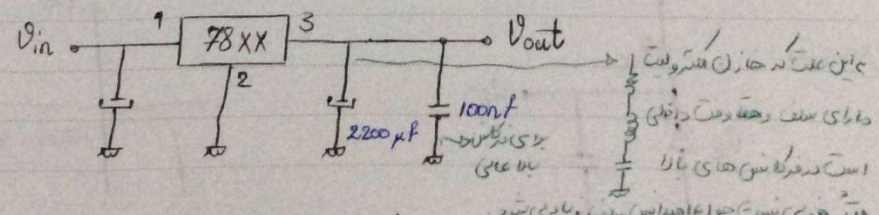
$$\eta = \frac{V_{out} \times I_{in}}{V_{in} \times I_{in}} \rightarrow \eta = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

مثال : $V_{out} = 5V$

$V_{in} = 10V \rightarrow \eta = \frac{5}{10} = 50\%$

$V_{in} = 15V \rightarrow \eta = \frac{5}{15} = 33\%$

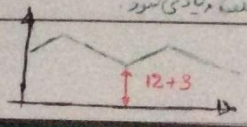
رگولاتورهای مجتمع خطی :



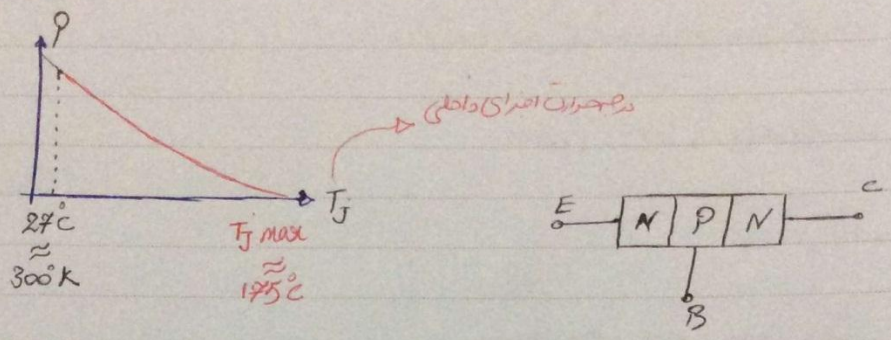
این عدد که حداقل اختلاف ولتاژ ورودی و خروجی است جهت اطمینان از عملکرد صحیح رگولاتور در فرکانس‌های بالا می‌باشد

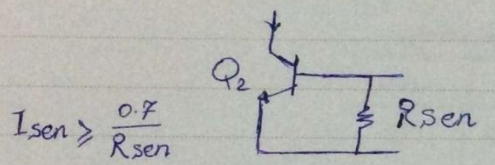
PAPCO

$V_i \geq 3^V + V_3$



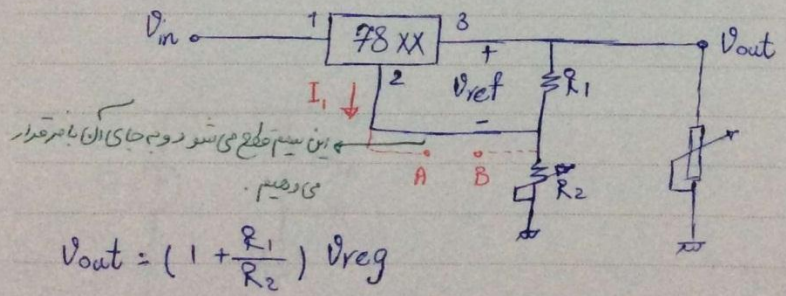
← 7812





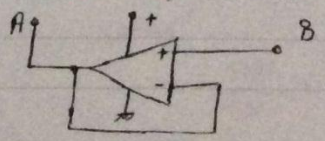
محدود کننده جریان خروجی:
هنگامی که جریان را محدود می‌کند پس حرارت را هم کم می‌کند.

رگولاتورهای مجتمع خطی با ولتاژ خروجی متغیر:



$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{reg}$$

گاهی بار حیلی تغییرات داشته باشد خروجی تغییر می‌کند. به همین دلیل از بافر زیر استفاده می‌کنیم.



Subject: Circuitsmba.ir
Year. Month. Date. ( )

94,7,27 جلسه سوم

ملاحظات حرارتی عناصر الکترونیک قدرت :

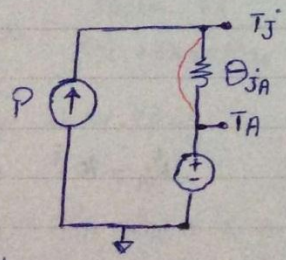
مهم‌ترین عامل ← حرارت (دما)

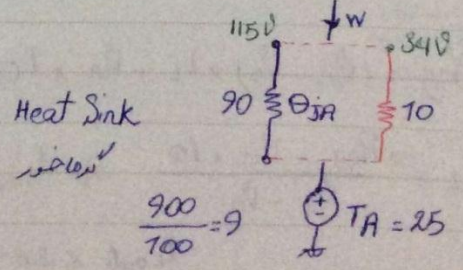
- توان تلفاتی

- شکل ، سایز ، هندسه ظاهری عنصر

مشاهده الکتریکی		قسمت	
واحد	عنوان	واحد	عنوان
V	ولتاژ الکتریکی	°C	دما T
A	جریان الکتریکی	W	توان تلفاتی P
Ω	مقاومت الکتریکی	°C/W	شکل ظاهری مقاومت حرارتی Θ

مقاومت حرارتی ایده آل باید به سمت صفر میل کند.

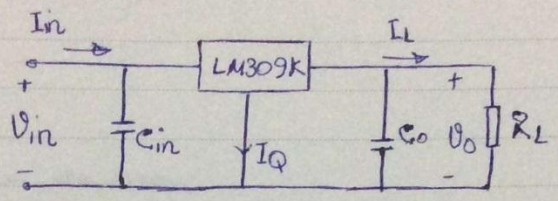




Heat Sink
گرماگیر

Subject:
Year. Month. Date. ( )

در خصوص مداخلات حرارتی رگولاتور LM309K با وجود هیت سینک بحث کنید.



$T_A = 25^\circ C$

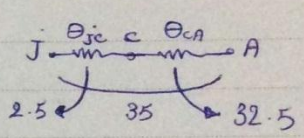
$V_o = \pm 5V$

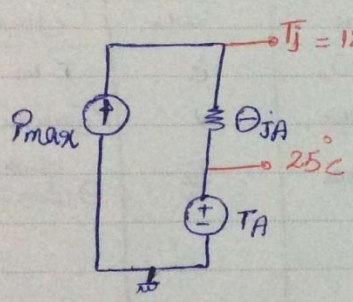
$0 < T_j < 125^\circ C$

مقاومت حرارتی:

برای مدل TO-3، اندیس K

$P_{max} = 20\,W$, $I_Q = 5.2\,mA$, $\Theta_{jc} = 2.5 \frac{^\circ C}{W}$, $\Theta_{JA} = 35 \frac{^\circ C}{W}$





$$P_{max} = \frac{T_{J\,max} - T_A}{\Theta_{JA}} = \frac{(125-5)\,^\circ C}{35\ \frac{^\circ C}{W}}$$

$P_{max} = 2.86\,W$ ✓

مثال: $V_{in} = 10V$

جون هیت سینک نداریم باید از این توان استفاده کنیم

$$P_{reg} = (V_{in} - V_o) \times I_L + V_{in} \times I_Q$$

$$I_L = \frac{P_{reg} - V_{in} \times I_Q}{V_{in} - V_o} \Rightarrow I_{L_{max}} = 0.56A$$ ✓

$I_{L\,out} \leq 2A$ ← برای این کنترلر

PAPCO

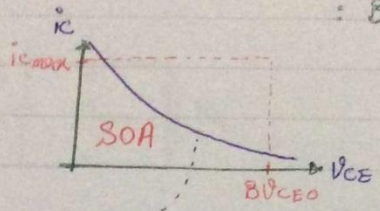
LM 309K

7

Subject:

Year Month Date ( )

یادآوری ← محدودیت‌های ترانزیستور BJT :



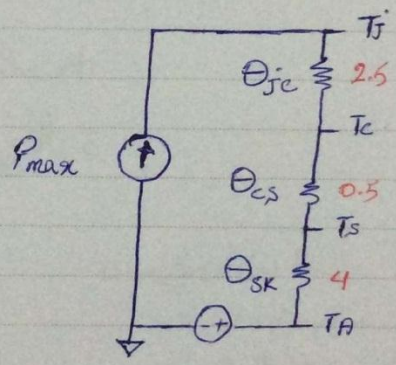
$i_{C_{max}}$, BV_{CEO} , $P_{C_{max}}$

$P_{C_{max}} = i_C \times V_{CE}$

$i_C = \frac{P_{C_{max}}}{V_{CE}}$

حالت بی استفاده از Heat Sink

$$\begin{cases} \theta_{SA} = 4 \frac{^\circ C}{W} \\ \theta_{CS} = 0.5 \frac{^\circ C}{W} \end{cases}$$



$$P_{max} = \frac{T_{j_{max}} - T_A}{\theta_{jc} + \theta_{CS} + \theta_{SA}} = \frac{(125 - 25)\,^\circ C}{7 \frac{^\circ C}{W}}$$

$P_{max} = 14.28\,W$

$$P_{reg} = (V_{in} - V_o) \times I_L + V_{in} \times I_Q$$

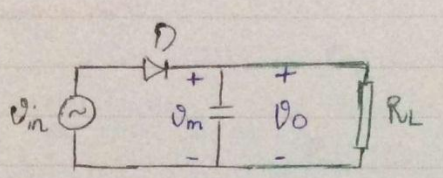
فرض $V_{in} = 10V$

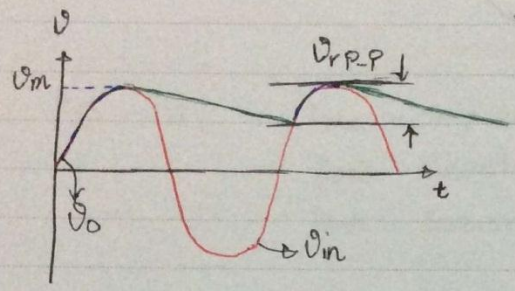
$$I_L = \frac{P_{reg} - V_{in} \times I_Q}{V_{in} - V_o} \Rightarrow I_{L_{max}} = 2.84\,A$$

PAPCO

جلسه چهارم 94,8,4

یکسوسازی و صافی:





$D = on \Rightarrow v_o = v_m \sin \omega t$

دیود ایده‌آل

$D = off \Rightarrow v_o = v_m e^{-\frac{t}{R_L \cdot C}}$

$$v_{r\,p-p} = \frac{I_{DC}}{K \cdot f \cdot C}$$

C: ظرفیت خازن f: فرکانس موج ورودی

K: ضریب یکسوساز ← نیم موج = 1

تمام موج = 2

$$I_{DC} = \frac{v_{DC}}{R_L}$$

$$v_{DC} = v_m - \frac{v_r}{2}$$

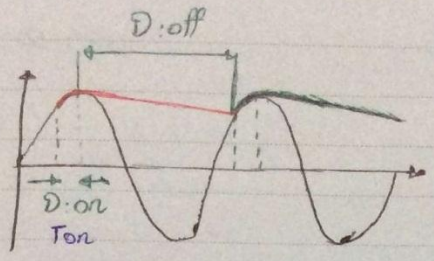
$$v_{DC} = v_m - \frac{I_{DC} \cdot R_L}{K \cdot f \cdot C \cdot R_L} \Rightarrow v_{DC} = \frac{v_m}{1 + \frac{1}{K \cdot f \cdot C \cdot R_L}}$$

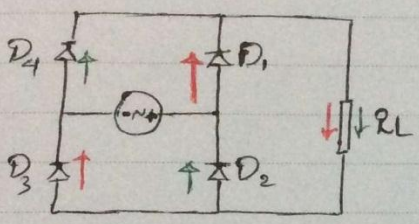
افزایش ظرفیت خازن موجب کاهش ریپل می‌شود، محدودیت افزایش مقدار خازن چیست؟

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

یکسوساز تمام موج:



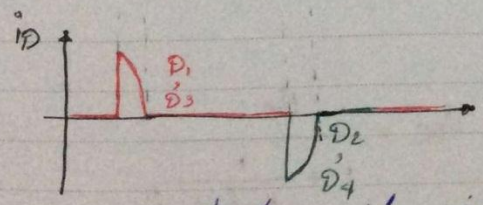


$Q_{charge} = Q_{discharge}$ $\quad Q = i \cdot t$

$$i_D \cdot T_{on} = I_{DC} \cdot (T - T_{on})$$ (T_{off})

$$i_D = I_{DC} \frac{T - T_{on}}{T_{on}} = I_{DC} \left(\frac{T}{T_{on}} - 1 \right)$$

$V_r \downarrow \Rightarrow C \uparrow \Rightarrow T_{on} \downarrow$



مثال: $T_{on} = 10\% T \Rightarrow \boxed{I_D = 9 I_{DC}}$

عامل محدود کننده افزایش ظرفیت خازن جریان شارژ شونده حداکثری است که هنگام روشن شدن دیود از آن عبور می‌کند.

9

Subject:

Year Month Date ( )

برای حالت‌های خازن معمولاً:

$$R_L . C \leq \frac{10}{f}$$

$$R_L . C . f \leq 10$$

$I_D = 1A$ جریان خود دیود ، $I_{PRC} = 5A / 100\ Hz$ حداکثر جریانی که دیود می‌تواند تحمل کند.

Peak Repetetive Current

Peak Inverse Voltage PIV

مزایا و معایب منابع تغذیه خطی:

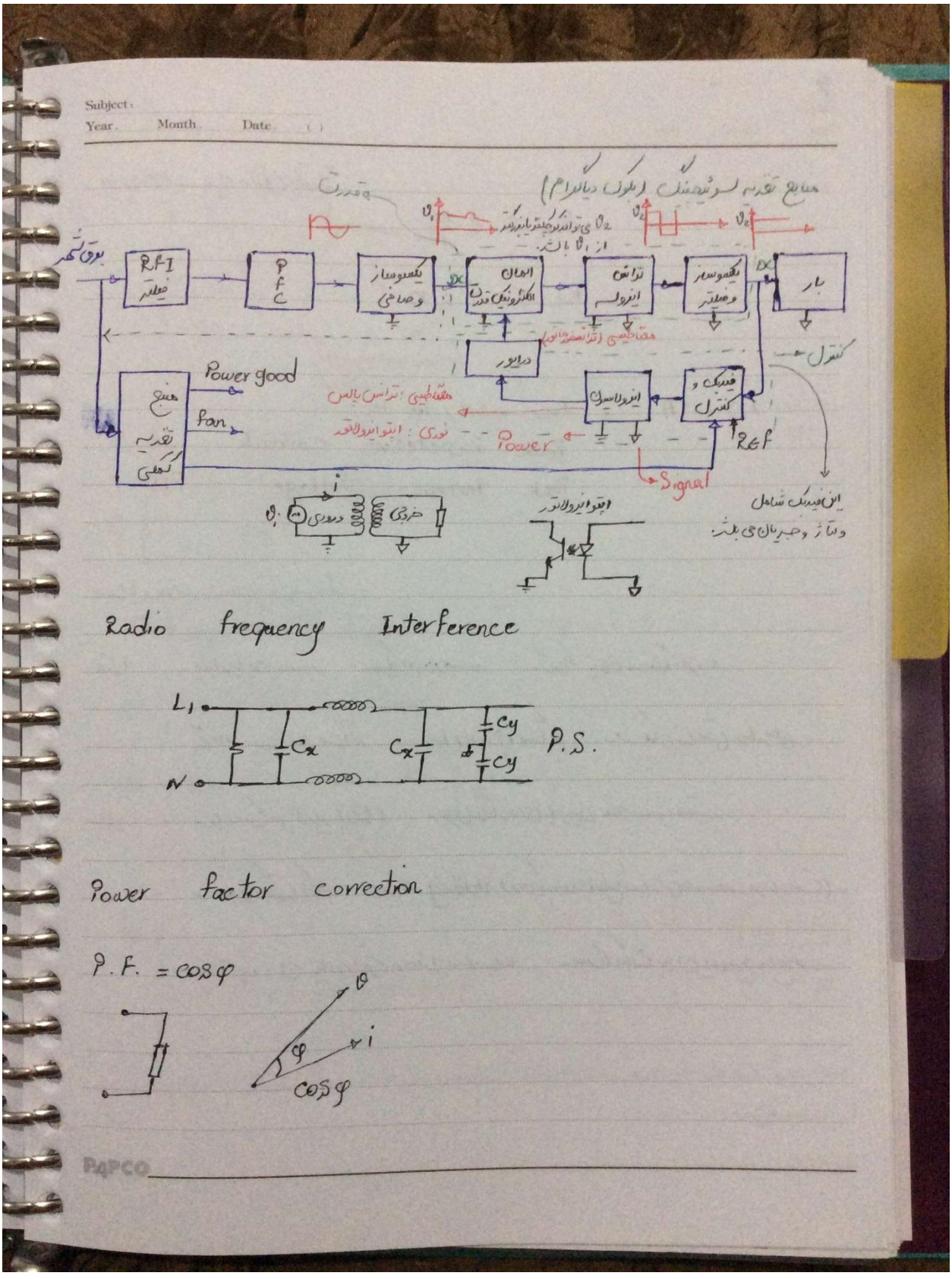
مزایا: - بسیار پایدار هستند - بسیار کم نویز هستند - رگولاسیون بار نسبتاً خوب

- رگولاسیون خط نسبتاً بد - ریپل خروجی نسبتاً کم - سادگی و راحتی در طراحی

معایب: - راندمان کم (زیر 50٪) - برای ولتاژهای پایین مناسب هستند.

- زمان نگهداری کم Holding Time (زمانی که ورودی قطع شده ولی تغذیه هنوز برقرار است)

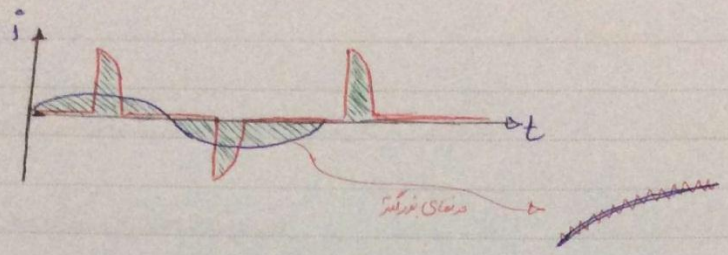
- حجم و وزن زیاد ترانس، خازن و سلف‌ها - غیر کامپکت بودن این نوع منابع تغذیه

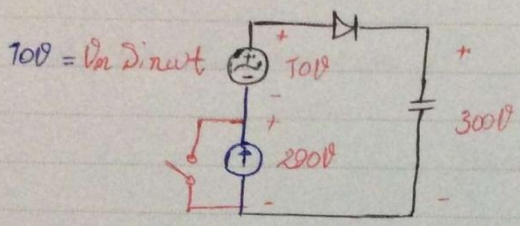

Subject:
Year. Month. Date. ( )
منابع تغذیه سوئیچینگ (بلوک دیاگرام)
قدرت
ورودی AC
RFI
PFC
یکسوساز و صافی
مبدل الکترونیک قدرت
ترانس ایزولاسیون
یکسوساز و صافی
بار
DC
درایور
مغناطیسی (ترانس جدا سازی)
کنترل
Power good
Fan
منبع تغذیه کمکی
مغناطیسی: ترانس پالس
نوری: ایزولاتور
ایزولاسیون
فیدبک و کنترل
Power
Ref
Signal
این فیدبک شامل ولتاژ و جریان می باشد
دوری
خروجی
ایزولاتور
Radio frequency Interference
L1
N
Cx
Cx
Cy
Cy
P.S.
Power factor correction
P.F. = cos φ
v
i
φ
cos φ

10

Subject :

Year Month Date ( )





Subject:
Year Month Date ( )

جلسه پنجم 94,8,11

مزایا و معایب منابع تغذیه سوئیچینگ

مزایا:
1- راندمان بالا
2- ابعاد کوچکتر (به دلیل ترانس و خازن و سلف) (فرکانس کار بالا رفته و ترانس و خازن و سلف کوچکتر شده اند)
3- وزن کمتر
4- می توان به صورت کاملا ماژولار ساخت
5- رنج وسیع تغییرات ولتاژ ورودی
6- زمان نگهداری بالا Holding time ≈ 20ms

معایب:
1- نویز بسیار زیاد اعم از هدایتی و انتشاری

نویز هدایتی: ناشی از هارمونیک های فرکانس بالای (چندین برابر فرکانس سوئیچینگ) تولید شده در مدار است که از قطعات الکترونیکی بر روی شبکه تأثیر مخرب دارد.

نویز انتشاری: ناشی از تشعشع الکترومغناطیسی عناصری نظیر ترانس، سوئیچ قدرت، هیت سینک و ... در فضای اطراف منبع تغذیه است. کاهش با استفاده از شیلد فلزی

2- ریپل خروجی بالا
3- پیچیدگی در طراحی ساخت
4- وجود مشکلاتی در پایداری منبع تغذیه

منبع تغذیه سوئیچینگ به دو بخش اصلی تقسیم می شود: 1- قدرت 2- کنترل

قدرت ← مبدل DC به DC
DC/DC converter
DC → AC → DC

Subject:
Year Month Date ( )

Step-up ↓ Step-Down

امکان کاهش یا افزایش ولتاژ خروجی از چندین راه وجود دارد

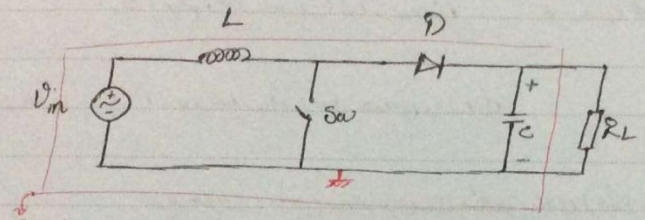
Boost ← افزایشی ← Step-up

Buck-Boost ← مبدل‌ها

Buck ← کاهشی ← Step-Down

Step-up ← Boost

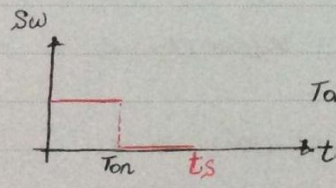
غیرایزوله



مبدل بوستر
غیر ایزوله

مدار کنترل با تولید پالس های مناسب برای روشن کردن عنصر الکترونیک قدرت از طریق تغییر عرض پالس فرمان عمل تبدیل ولتاژ خروجی را انجام می دهد.

PWM Pulse with Modulation



$T_{on} + T_{off} = T_S$

$T_{on} = k \cdot T_S = \delta \cdot T_S$

$\delta = k = \frac{T_{on}}{T_S}$

Duty cycle

$T_S = \frac{1}{f_S}$

$f_S = 100KHz \qquad T_S = 10\mu sec$

δ_{max} حداکثر زمان روشن بودن سوئیچ

12

Subject :

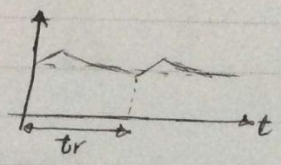
Year Month Date ( )

$Sw = on$

$cte = V_{in}$ $\quad i_L(t)$ $\quad L$

زمانی که Sw روشن است V_{in} تقریباً ثابت است.

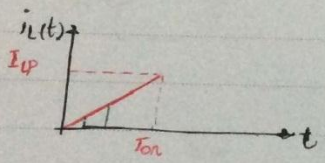
$V_{in} = V_{DC} + V_{ac}$



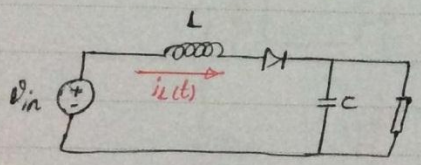
$t_r \gg T_S$

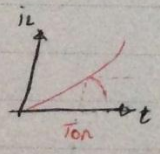
$20msec \gg 10\mu sec$

$V_L = L \frac{di_L}{dt}$ $\quad i_L(t) = \frac{V_{in}}{L} \cdot t$



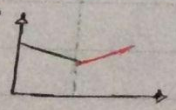
انرژی سلف $E_{on} = \frac{1}{2} L \cdot (\frac{I_{LP}}{2})^2 = \frac{1}{8} L I_{LP}^2$

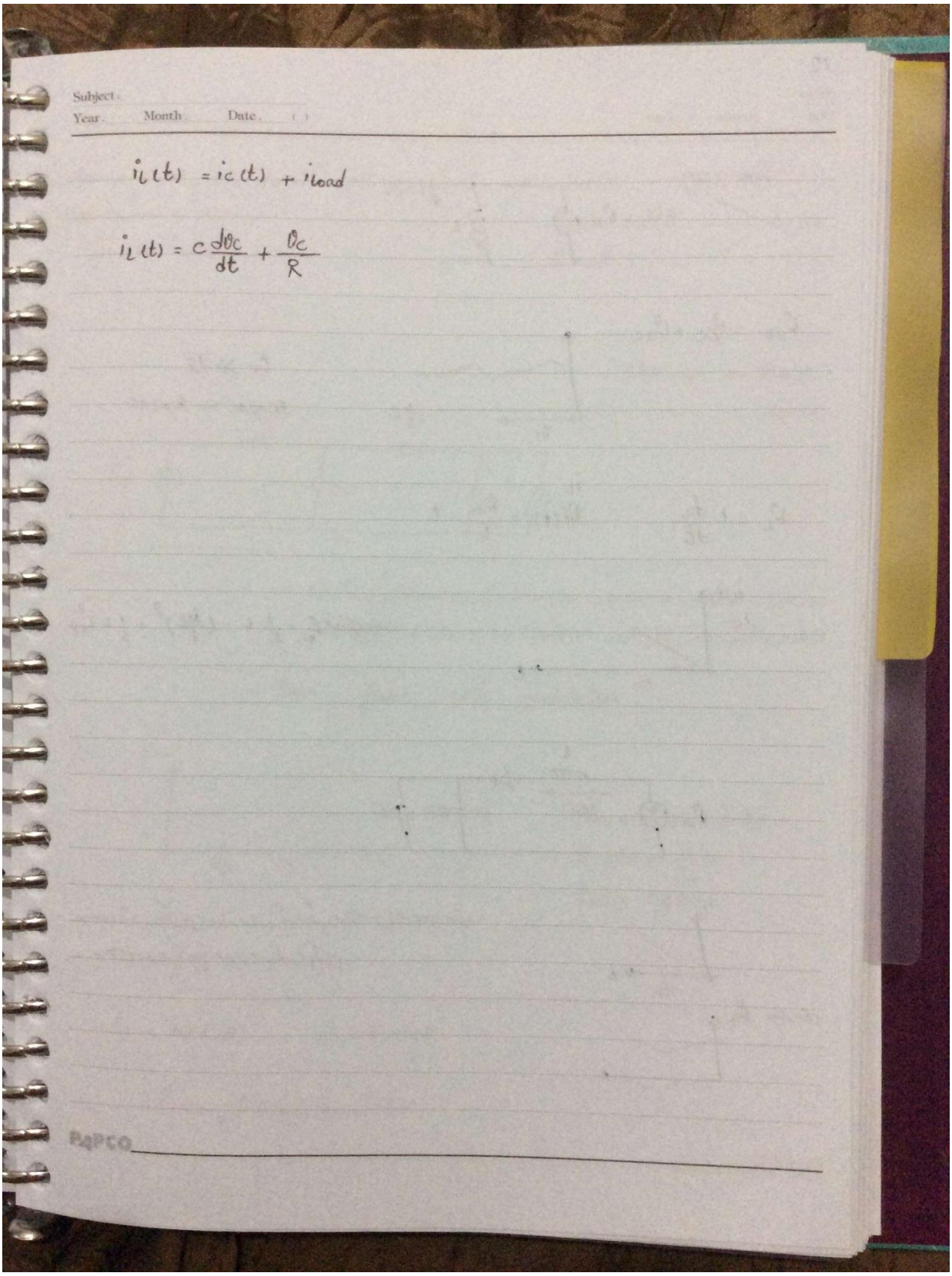




* سلف تغییرناگهانی ولتاژ ندارد همواره ولتاژش پیوسته می‌باشد.
* به جای سلف منبع جریان در نظر می‌گیریم.

مدار اول V_o




Subject :
Year . Month . Date . ( )
$i_L(t) = i_C(t) + i_{load}$
$i_L(t) = C\frac{dv_C}{dt} + \frac{v_C}{R}$
PqPco

13

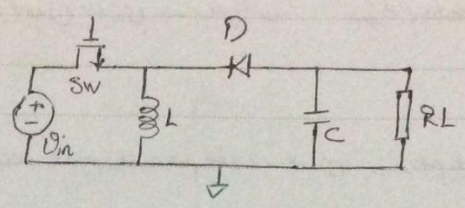
Subject:

Year Month Date ( )

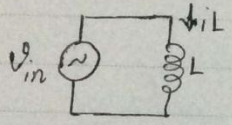
94, 8, 25 جلسه شصتم

Buck - Boost

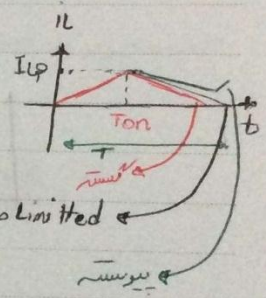
* V_{in} یک ولتاژ DC ثابت ~~ثابت~~ که بعدی آن یک ولتاژ زیبل کم‌شوار است.

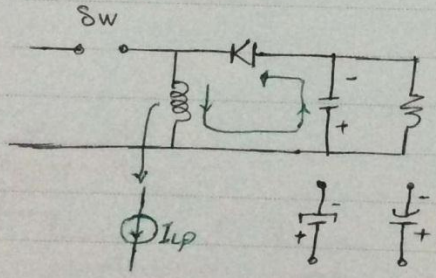


SW = ON ⇒ D = off



$V_L = L\frac{di}{dt} \Rightarrow i_L = \frac{V_{in}}{L}$

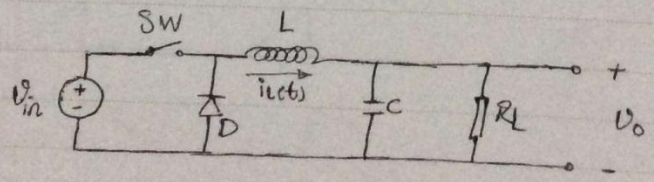




$V_o < 0$

Buck

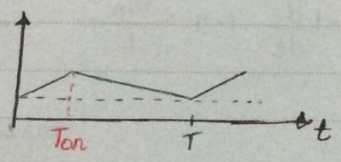
Step-Down



Subject:
Year. Month. Date. ( )

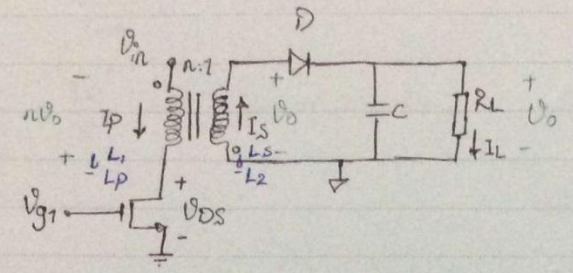
fly Back ← در زمان روشن بودن انرژی را ذخیره می کند (سلف شارژ شده و انرژی به بار وارد نمی شود) و در زمان خاموش بودن انرژی مصرف می شود. مربوط به مدارهای مثل Back

forward : وقتی SW روشن است هم زمان هم سلف شارژ می شود و هم بار تغذیه می شود و وقتی SW خاموش می شود انرژی سلف باز هم به بار داده می شود. مربوط به Buck

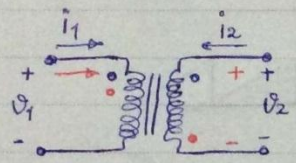


PqPCO

مبدل های بک اینرول



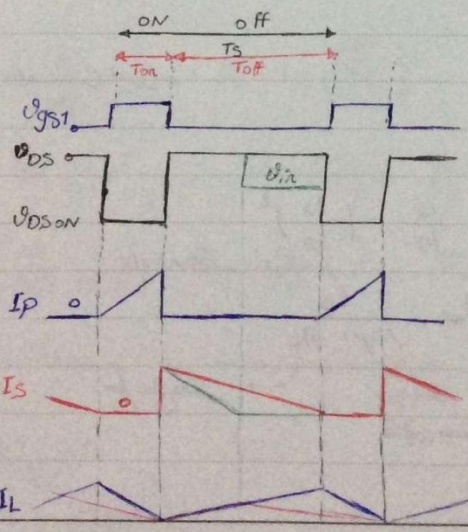
سلف های اینرول یا Isolated chokes : نه ترانسفورماتور.



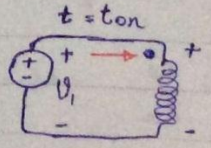
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{-n_1}{n_2} = \frac{-i_2}{i_1}$$

$T_{on} = \delta . T \qquad 0 < \delta < 1$

$T_{off} = (1-\delta)T$



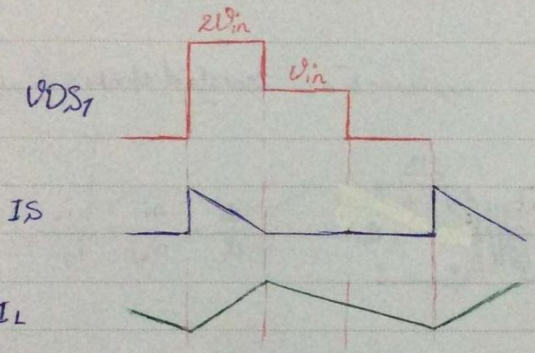
حد عملکرد مدار را به صورت حدی فرض می کنیم.



$V_{DS\,off} = V_{in} + nV_o$

$nV_o = V_{in}$

$V_{DS\,off} = 2V_{in}$



بررسی سلف های ایزوله :

$W_p = W_S$

$\frac{1}{2} L_p I_p^2 = \frac{1}{2} L_S \cdot I_S^2$ $\qquad \frac{L_p}{L_S} = \left(\frac{I_S}{I_p}\right)^2$

$L_p = \frac{n_p^2}{R_m}$, $L_S = \frac{n_S^2}{R_m}$, $R_m = \frac{l_c}{\mu_0 \mu_r \cdot A_c}$

l_c ← طول مؤثر هسته

μ_r ← ضریب نفوذ مغناطیسی هسته

A_c ← سطح مقطع هسته

15

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$\frac{L_p}{L_s} = \frac{\frac{n_p^2}{\mathcal{R}_m}}{\frac{n_s^2}{\mathcal{R}_m}} = \left(\frac{n_p}{n_s}\right)^2$$

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{I_s}{I_p} \Longrightarrow$$ مشابه روابط ترانسفورماتور

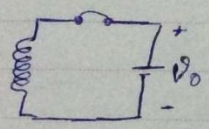
بررسی ارتباط ولتاژ ورودی و خروجی:

زمان روشن بودن سوئیچ $V_{in} = L_p \frac{di_p}{dt} \approx L_p \frac{\Delta I_p}{\Delta t} = L_p \frac{I_p - 0}{\delta T - 0}$

$\Delta t \to t_{on}$

$$V_{in} = \frac{L_p . I_p}{\delta . T}$$

خاموش شدن سوئیچ:



$$V_o = L_s \frac{di_s}{dt} \qquad V_o = L_s \frac{\frac{n_p}{n_s} . I_p}{(1-\delta)T}$$

$$L_s = L_p \left(\frac{n_s}{n_p}\right)^2 \qquad V_o = \left(\frac{n_s}{n_p}\right)^2 . \frac{n_p}{n_s} \frac{L_p . I_p}{(1-\delta)T}$$

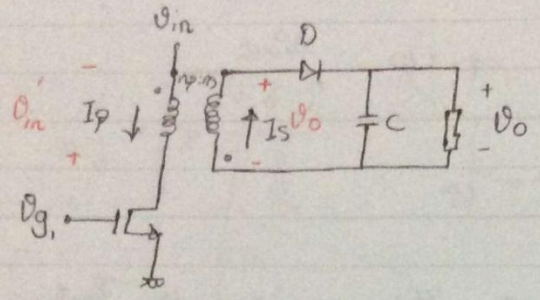
$$V_o = \frac{n_s}{n_p} \frac{\delta . T}{(1-\delta)T} . V_{in} = \frac{n_s}{n_p} . \frac{\delta}{1-\delta} . V_{in}$$

duty cycle ← $\delta_{max} < 0.5 \longrightarrow \delta_{max} = 0.4$

PqPCO

جلسه هشتم 94,9,9

مدل فلای بک اینورتر:



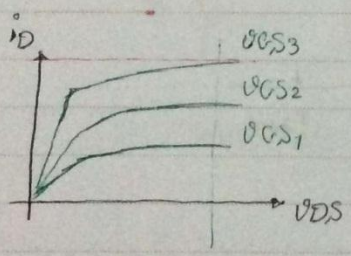
$$v_o = \frac{n_s}{n_p} \cdot \frac{\delta}{1-\delta} \cdot v_{in}$$

مشخصات ترانزیستور در مدار فلای بک:

$$v_{DSoff} = v'_{in} + v_{in} = \frac{n_p}{n_s} \cdot v_o + v_{in} = \frac{\delta}{1-\delta} v_{in} + v_{in}$$

$$\boxed{v_{DSoff} = \frac{1}{1-\delta} v_{in}}$$

$\delta = \delta_{max} = 0.5$ $\quad v_{DSoff} = 2v_{in}$



حداکثر جریان ترانزیستور:

in out

300V / 50W → 5V/5A 25W
12V/2.1A 25W
24V/2.1A 50W

بدست آوردن حداکثر جریان ←

P_{out} ← برداده می‌شود ، P_{in} ← انرژی

$$P_{out} = \eta P_{in} \quad , \quad P_{in} = \frac{W_{in}}{T}$$

$$W_{in} = \frac{1}{2} L_p \cdot I_p^2$$

$$P_{out} = \frac{\eta L_p \cdot I_p^2}{2T}$$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

روشن بودن سوئیچ : $V_{in} = L_p \frac{I_p}{\delta . T}$

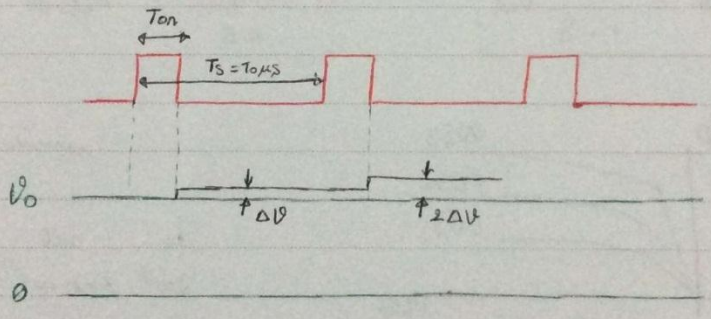
$P_{out} = \frac{1}{2} \eta . \delta . V_{in} . I_p \Rightarrow I_p = \frac{2 P_{out}}{\eta . \delta . V_{in}}$

$I_p = I_D$ ← دیود

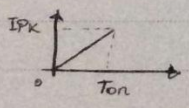
$\delta_{max} = 0.5$, $\eta = 75\%$ → $I_p = \frac{16}{3} \frac{P_{out}}{V_{in}}$

نوع مشکل کار شدن مدل فلای بک :

$f_S = 100kHz$



Q = ON



$W_P = \frac{1}{2} L_P . (\frac{I_{PK}}{2})^2 = \frac{1}{8} L_P . I_{PK}^2$

Q = off ⇒ $W_P = W_S = W_C$ $\quad \frac{1}{8} L_P . I_{PK}^2 = \frac{1}{2} C . (\Delta V)^2$

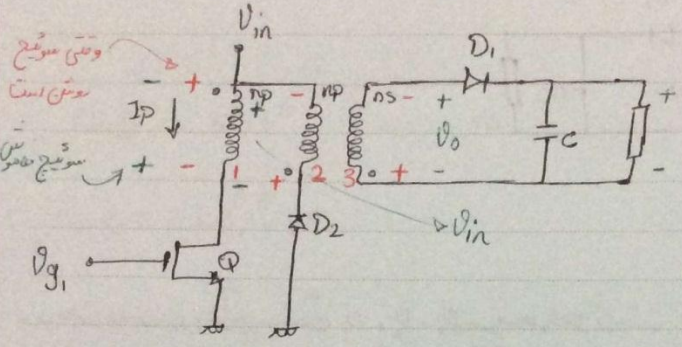
$\Delta V = \sqrt{\frac{L_P}{C}} . \frac{I_{PK}}{2}$

17

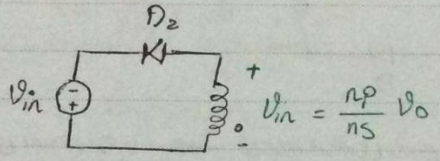
Subject:

Year Month Date ( )

روش 1 : اضافه کردن سیم پیچ کمکی

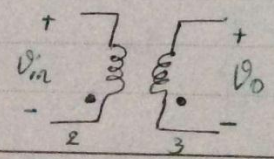


* وقتی ترانزیستور روشن است D_1 و D_2 خاموش است

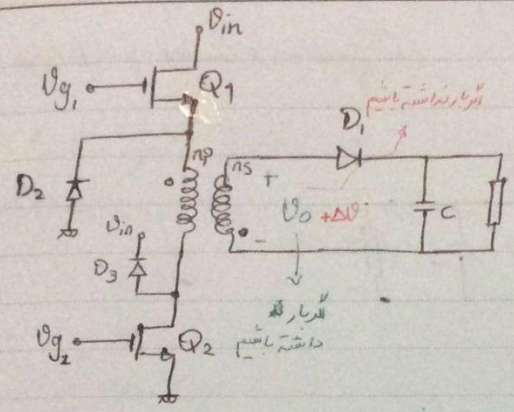


وقتی بار قطع می‌شود $\rightarrow V_{in}' = \frac{n_p}{n_s}(V_o + \Delta V)$

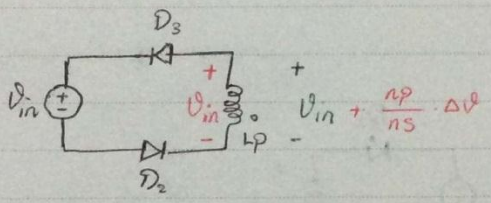
تسهیم پیچ شماره 2 در صورت افزایش ولتاژ خروجی باعث روشن شدن دیود D_2 می‌شود و ولتاژ خودش را روی V_{in} محدود خواهد کرد. در این صورت مطابق شکل ولتاژ خروجی روی V_o محدود می‌شود. در واقع انرژی اضافی تزریق شده به سیم پیچ 1 (داخل هسته) توسط سیم پیچ 2 به منبع بازگردانده می‌شود.



روش ۲ : اضافه کردن ترانزیستور کمکی :



* در حالت روشن بودن سوئیچ دیودهای D_1 ، D_2 ، D_3 هر سه هم خاموش هستند.



در صورت قطع بار انرژی اضافی موجود در هسته می تواند از طریق سیم پیچ L_p و روشن شدن دیودهای D_2 و D_3 به منبع بازگردانده می شود. که این امر از افزایش ناخواسته ولتاژ خروجی جلوگیری می کند.

18

Subject:

Year Month Date

جلسه هفتم 94,9,16

Page 105 Brown

مبدل فلای بک رانندان قدرت 28 وات : PWM

مشخصات فنی :

$V_{out\,1} = 5^{V}/2^{A}$ min : 0.5A

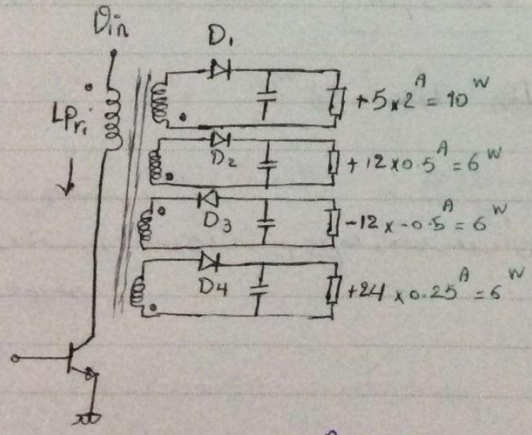
$V_{out\,2} = +12^{V}/0.5A$

$3 = -12^{V}/0.5^{A}$ $V_{in\,nom} = +24^{V}$ $(18 \sim 36^{V})$

$4 = +24^{V}/0.25A$

مشخصات ترانزیستور ، هسته ، تعداد دور سیم پیچ ها و قطر سیم ها را محاسبه کنید.

* چون 2.5 وات توان همیشه از آن کشیده می شود نداشتن سیم پیچ کلمپ مشکلی ندارد. (مربوط به حالت بی باری)



$$P_{out} = \sum_{i=1}^{n} P_{out\,i} \qquad P_{out} = 28\,W$$

$I_{pk} = \frac{16}{3}\frac{P_{out}}{V_{in}}$ بدترین شرایط $I_{pk} = \frac{16}{3}\frac{P_{out}}{V_{in\,min}} = \frac{16\times 28}{3\times 18}$ ترانزیستور:

$I_{pk} = 8.3A \longrightarrow I_{cmax} = 10A \longrightarrow$ 100V / 10A

$V_{CE\,off} = 2V_{in\,max} = 2\times 36 = 72V \longrightarrow 100V$

برای بدترین شرایط

سیم پیچ اولیه:

$L_{Pri} = \frac{V_{in\,min}\,T_{on}}{I_{pk}}$ $T_{on} = \delta . T$

$T_{on\,max} = \delta_{max} . T = \frac{1}{2}T$ T: پریود سوئیچینگ $\frac{1}{f_s}$

$T = \frac{1}{40KHz} = 25\mu sec \Rightarrow T_{on} = 12.5\mu sec$ $\leftarrow f_s = 40KHz$ فرض

$L_{Pri} = \frac{18V \times 12.5\mu sec}{8.3A} = 26.5\mu H$

$P_{out} = \frac{W}{t} = f_s . \frac{1}{2} L_{Pri} . I_{pk}^2 = 38W$ ✓

انتخاب هسته:

متناسب با حجم‌های عبوری از سیم پیچ‌ها و مقدار تلف آن‌ها (توان و انرژی) سایز و مدل هسته انتخاب می‌شود.

$E_L = L . I^2 \longrightarrow (A)$

$\downarrow$ (mH)

$E_L = (26.5\times 10^{-3})(8.3)^2 = 1.9$

www.darvishkasa.blog.ir

با استفاده از منحنی صفحه 47 کتاب Page 47 Brown 55310-A2 هسته‌ی m.B، هسته‌ی انتخاب شده است.

A_L : مقدار سلفی است که با تعداد 1000 دور بر روی این هسته پیچیده شده است و واحد آن میلی هانری است.

$$A_L = 90\,mH / 1000\,T$$

$$n = 1000\sqrt{\frac{L}{A_L}} = 1000\sqrt{\frac{26.5\times10^{-3}}{90\,mH}} = 17.09\,T$$

$$n_{Pri} \longrightarrow 17$$

$$V_o = \frac{n_2}{n_1}\cdot\frac{\delta}{1-\delta}\cdot V_{in}$$ ← تقسیم شده در حلقه‌ی بسته

از حداقل ورودی $\longrightarrow \delta_{max}$

$$V_o = \frac{n_2}{n_1}\,\frac{1/2}{1-1/2}\cdot V_{in\,min}$$

$$N_{+5V} = \frac{N_{Pri}\,(V_o + V_f)}{V_{in\,min}} = \frac{17\,(5+0.5)}{18} = 5.19\,T \longrightarrow 5T$$

دیود: شاتکی، سریع، فوق سریع

$0.1V < V_R < 0.5V$ ← برای دیود شاتکی

$V_{Br} < 30V$

D_1 را می‌توان شاتکی استفاده کرد.

PdPCO

Subject:
Year Month Date ( )

D_2 : به علت اینکه سیم پیچ +5 را به عنوان master در نظر گرفتیم در کار تهیه سیم پیچ ها تا 5 سیم می گذارد.

$$N_{+12/-12} = \frac{N_{+5}^{0} \times (12 + 0.5)}{(5 + 0.5)} = \frac{5 \times 12.5}{5.5} = 11.36 \rightarrow 11$$

این بار به علت اینکه دیوشانتی ست 4 لایه می کند

$$N_{+24} = \frac{N_{+5} \times (24^{0} + 0.9^{0})}{5.5} = 22.63 \rightarrow 23$$

قطر سیم پیچ ها در کتاب m.8 به روش AWG (آمریکایی) نقشه شده است.

روش محدود استفاده ها $\rightarrow$ $I = j \cdot A \rightarrow$ سطح مقطع mm^2

I: مقدار جریان

j: $\frac{A}{mm^2}$

سطح مقطع را به قطر تبدیل می کنیم $\rightarrow$ $A = \frac{I}{j} \Rightarrow \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{I}{j}$

$$d = \sqrt{\frac{2I}{\pi}} =$$

برای سیم پیچ اولیه متوسط یک جریان را می گذاریم.

اگر خود جریان را بدهیم قیمت بالاتر می رود اما شکلی ندارد.

برای سیم های بالاتر از 1 از چندین سیم تابیده جای یک سیم استفاده می شود.

$d_1 = 1.66$ mm $\leftarrow$ سیم پیچ اولیه

$d = 1.1$ mm $\leftarrow +5$

$d = 0.56$ mm $\leftarrow \pm 12$

$d = 0.4$ mm $\leftarrow 24$

نکته: سیم های به هم تابیده Litz:

اندوکتانس A_2 تبدیل به A_1 تا سیم نازک

$A_1 = n A_2$

تعداد $n = \frac{A_1}{A_2} = \frac{\pi \frac{d_1^2}{4}}{\pi \frac{d_2^2}{4}}$

سیم های کوچک

قطر سیم نازک

$n = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$ $\leftarrow$ قطر سیم اصلی

معمولاً از سیم های با قطر 0.15 mm برای Litz استفاده می شود.

$n = \left(\frac{1.6}{0.15}\right)^2 = 114$

20

Subject:

Year Month Date ( )

جلسه دهم 94, 9, 23

مدارهای مغناطیسی

تعاریف و کمیت ها:

1) شار مغناطیسی و چگالی شار مغناطیسی:

$\varphi = \int B \cdot dA \Rightarrow \varphi = B \cdot A$ (weber ← φ، Tesla ← B، $A \rightarrow m^2$)

برای چگالی شار یکنواخت و جنس هسته یکنواخت

2) نیروی مغناطیسی و میدان مغناطیسی:

$f = \int H \cdot dL$ (طول هسته ← L)

نیروی مغناطیسی ← f، میدان مغناطیسی ← H

میدان یکنواخت $f = H \cdot L$

3) قانون آمپر: ارتباط جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی

$f = \int H dL = i$ → کل جریان عبوری $= N \cdot i$

4) قانون فاراده: القاء ولتاژ ناشی از میدان مغناطیسی

$v(t) = \frac{d\varphi}{dt}$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

شار مغناطیسی و میدان مغناطیسی به جنس هسته وابسته هستند.

$B = \mu \cdot H$ → میدان مغناطیسی

B ← چگالی شار مغناطیسی در هسته

μ ← ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی (ویژگی) هسته

هسته‌های آهن سیلیس دار

$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$ → خلا

↓ نسبی

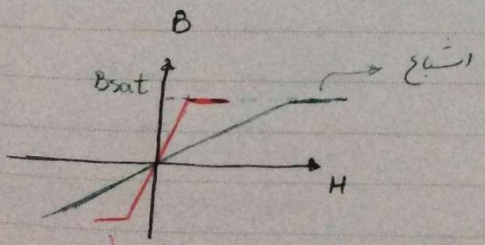
$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{H}{m}$

100,000 ↑

$1000 < \mu_r < 4000$ هسته‌های فریت

$B_{sat} = 0.3T$ ← عددا (تقریبا)

هسته‌های پودر آهن MPP تولید $\mu_r = 50,000$

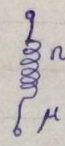


هرچقدر μ بزرگتر باشد زودتر به اشباع می‌رسیم. (به ازای جریان کوچکتری به اشباع می‌رسیم)

$$v = \frac{d\varphi}{dt} = A\frac{dB}{dt} \quad \text{پس از اشباع} \rightarrow \frac{dB}{dt} = 0 \Rightarrow v = 0$$

سیم پیچ شبیه اتصال کوتاه می شود و جریان عبوری از آن بی نهایت می گردد.

$$n.i = l.H$$



$$L = \frac{\mu . n^2 . Ac}{Lm}$$ از طریق

Ac : سطح مقطع هسته

Lm : طول مؤثر مغناطیسی هسته

مشابهت مدارهای الکتریکی و مغناطیسی :

نیروی مغناطیسی f ← ولتاژ الکتریکی v

شار مغناطیسی φ ← جریان الکتریکی i

مقاومت مغناطیسی ℜ ← مقاومت الکتریکی R
(مقدار دور و مشخصات هسته)

$L = \frac{n^2}{\mathcal{R}}$ (رلوکتانس) مقاومت مغناطیسی

$$\mathcal{R} = \frac{L}{\delta A} \qquad \mathcal{R} = \frac{Lm}{\mu . Ac}$$

Subject:
Year. Month. Date. ( )

از این پس در محاسبه‌ی سلف‌ها برای هسته فاصله‌هوایی منظور می‌شود تا انرژی مغناطیسی هسته در این فاصله‌هوایی ذخیره گردد و همچنین از اشباع هسته جلوگیری می‌شود.

در ساخت هسته‌های تروئیدی ferrite از پودر آهن به همراه فرمت استفاده می‌شود و همچنین در حین ساخت، فواصل هوایی توزیع شده درون هسته ایجاد می‌گردد.

انرژی الکتریکی $W_e = \int v \cdot i \cdot dt \iff W_m = \int B \cdot H \cdot dV$

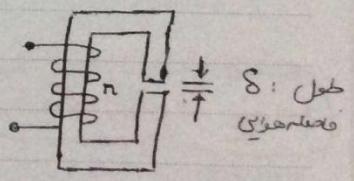
$v = A \frac{dB}{dt}$ $\qquad i = \frac{H \cdot l}{n}$

با جایگذاری در فرمول انرژی الکتریکی فرمول انرژی مغناطیسی (W_m) بدست می‌آید.

برای میدان مغناطیسی کنواخت داریم:

$W_m = \frac{1}{2} B \cdot H \cdot V$

gap = فاصله‌هوایی



$W_m = \frac{1}{2} B \left[H_{Fer} \cdot l_{Fer} + H_g \cdot l_g \right]$

B شار مغناطیسی

$B_{Fer} = B_g = B$

$W_m = \frac{1}{2} B \left[\frac{B}{\mu_0 \mu_r} \cdot A_c \cdot l_m + \frac{B}{\mu_0} \cdot A_c \cdot \delta \right]$

$$W_m = \frac{B^2 . Ac}{2\mu_0}\left(\frac{lm}{\mu_r} + \delta\right) \approx \frac{B^2 . Ac . \delta}{2\mu_0}$$

برای سلف:

$$W_c = \frac{1}{2} L . I^2$$

$$\frac{1}{2} L I_{max}^2 = \frac{B_{sat}^2 . Ac . \delta}{2\mu_0}$$

$$\delta = \frac{\mu_0 . L . I_{max}^2}{B_{sat}^2 . Ac}$$

فاصله هوایی لازم برای هسته‌ی دلخواه

تعداد دور:

$$n = \frac{H . lm}{i} = \frac{\frac{B_{sat}}{\mu}(lm + \delta\mu_r)}{I_{max}} \approx \frac{B_{sat} . \delta}{\mu_0 I_{max}}$$

$\mu_r \delta \gg lm$

اگر μ_r را نداریم می‌توانیم 2000 بگیریم

تخمین تعداد دور برای هسته بدون فاصله هوایی:

$$L = \frac{\mu . n^2 . Ac}{lm} \quad , \quad B_{sat} = \mu . \frac{n . I_{max}}{lm}$$

$$n = \frac{L . I_{max}}{B_{sat} . Ac}$$

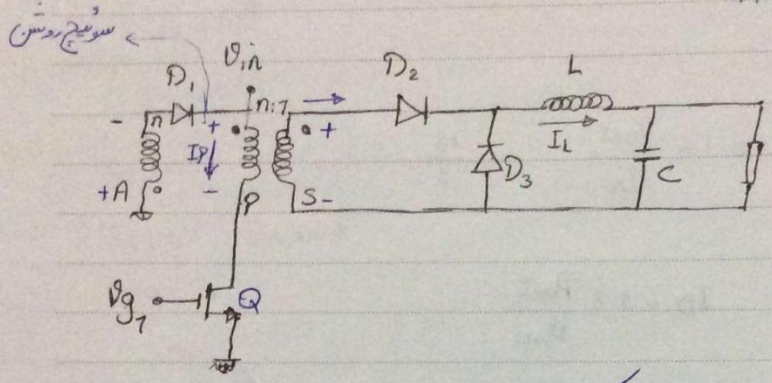
23

Subject:

Year: Month: Date: ( )

جلسه یازدهم 94, 9, 30

مبدل فوروارد ایزوله:

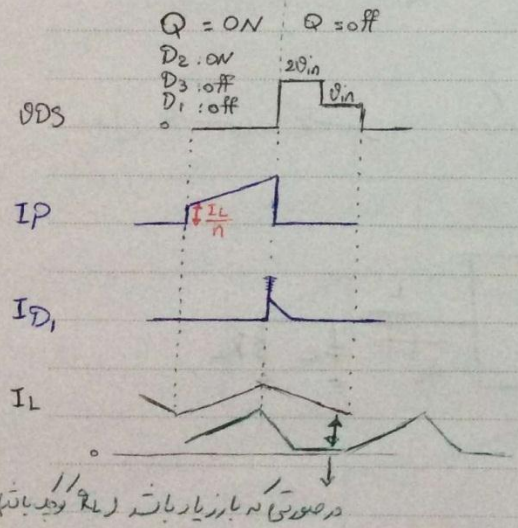


* زمان روشن بودن سوئیچ می تواند از بار جریان عبور کند.

L همیشه دارای جریان است

اگر جریانش از D_2 تأمین شود جریان افزایشی

اگر جریانش از D_3 تأمین شود جریان کاهشی



سیم پیچ کمکی (Auxiliary) برای بازگرداندن

انرژی اضافی یا شار مغناطیسی باقی مانده در هسته به منبع ورودی است.

در صورتی که بار زیاد باشد I_L وجود دارد

$$I_D = \frac{P_{out}}{8.7 \cdot V_{in}}$$

جریان ترانزیستور

δ_{max} : حداکثر ضریب روشن بودن سوئیچ

δ_{max} : می تواند تا 0.8 افزایش یابد.

PqPCO

www.darvishkasa.blog.ir

Subject:
Year Month Date ( )

$\delta_{max} = 0.8$

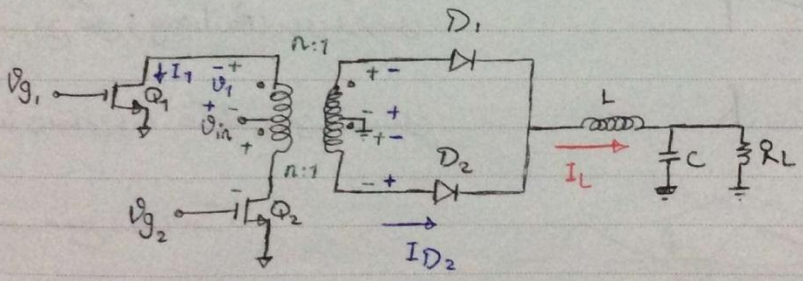
$\eta = \%80$

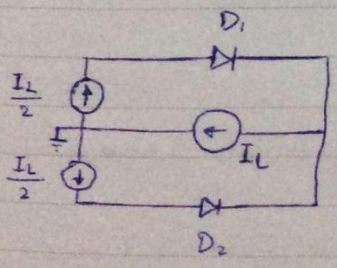
$I_D = \frac{10 P_{out}}{6.4 V_{in}} \approx 1.6 \frac{P_{out}}{V_{in}}$ $\qquad \frac{16}{3} = 5.3$

$\delta_{max} = 0.4$ $\qquad I_D = 3.2 \frac{P_{out}}{V_{in}}$

معمولاً مبدل فلای بک برای زیر 100W .
مبدل فوروارد در بیشترین حالت تا 250W .

مبدل پوش ـ پول : زمانی که توان بالاتر نیاز داریم .





یا سوئیچ بالا روشن است یا سوئیچ پایین .

① $Q_1 = ON$: $\begin{cases} D_2 : ON \\ D_1 : off \end{cases}$

24

Subject :

Year Month Date ( )

② $\begin{cases} Q_1 = off \\ Q_2 = off \end{cases}$

③ $\begin{cases} Q_1 = off & D_1 = ON \\ Q_2 = ON & D_2 = off \end{cases}$

$$I_{D_{Push-Push}} = \frac{1}{2} I_{D_{Forward}}$$

$$V_{DS\,off} = 2V_{in}$$