



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
موسسه آموزش عالی سجاد

# طراحی و شبیه سازی مبدل باک

Buck Design Convertor

با آخرین نسخه شبیه سازی مولتی سیم 12

نام و نام خانوادگی : محسن فنودی

استاد : مهندس رضا مشایخی

منبع تغذیه سوئیچینگ : مبدل باک

ایده طراحی منابع تغذیه سوچینگ به منابع تغذیه خطی :

مزایا و معایب :

1- طراحی مدارات بسیار ساده صورت می گیرد.

2- قابلیت تحمل بار زیاد

3- تولید نویز ناچیز و نویزپذیری بسیار اندک

4- در کاربردهای توان پایین ارزانتر می باشند.

5- زمان پاسخدهی بالایی را دارند.

**مزایای منابع تغذیه سوئیچینگ:**

1- وزن و حجم کمتری را نسبت به منابع تغذیه خطی دارند.

2- بالا بودن راندمان از 68% تا 90%

3- داشتن مقدار بیشتری سطح ولتاژ در خروجی

4- بدلیل افزایش فرکانس کاری اجزای ذخیره کننده انرژی می توانند کوچکتر و درعین

حال با کارایی بیشتری عمل کنند.

5- در توانهای بالا استفاده می شوند.

6- کنترل آسان خروجی با استفاده از قابلیت‌های مدارات مجتمع

### معایب منابع تغذیه خطی:

تمام مزایایی که در منابع تغذیه سوئیچینگ گفته شد عیبهای بود که در منابع تغذیه خطی وجود داشت و علاوه بر آن:

- 1- بدلیل کم بودن بهره توان تلفاتی در ترانزیستورهای خروجی زیاد می باشد که در نتیجه نیاز به خنک کننده سیستم سرمایش تحت فشار می باشد.
- 2- تنها بصورت یک رگولاتور کاهنده قابل استفاده می باشد و همواره ورودی باید 2 تا 3 ولت بیشتر از ورودی باشد.

### معایب منابع تغذیه سوئیچینگ:

تمام مواردی که به عنوان مزیت در در منابع تغذیه خطی ذکر شد به عنوان عیوب منابع تغذیه سوئیچینگ به شمار می رود علاوه بر آن به موارد زیر اشاره می شود:

- 1- نیاز به فیلتر کردن خروجی و حذف نویزهای تولیدی
- 2- ناپایداری ولتاژ
- 3- حساسیت زیاد به امواج محیط بگونه ایکه بعضا در برابر دیشههای مخابراتی اصلا عمل نمی کنند.

## توضیح ، طراحی و شبیه سازی مدل باک مرحله به مرحله :

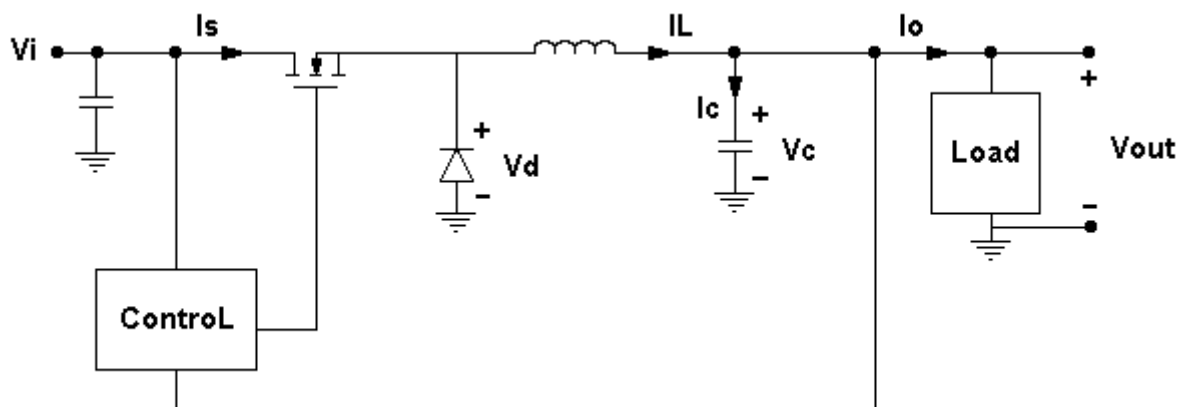
### رگولاتور باک ( Buck ) :

در یک رگولاتور باک مقدار متوسط ولتاژ خروجی  $V_{out}$  کمتر از ولتاژ ورودی  $V_{in}$  است. نمودار مدار یک رگولاتور باک که از یک MOSFET قدرت به عنوان سوئیچ استفاده می کند در شکل نشان داده شده است .

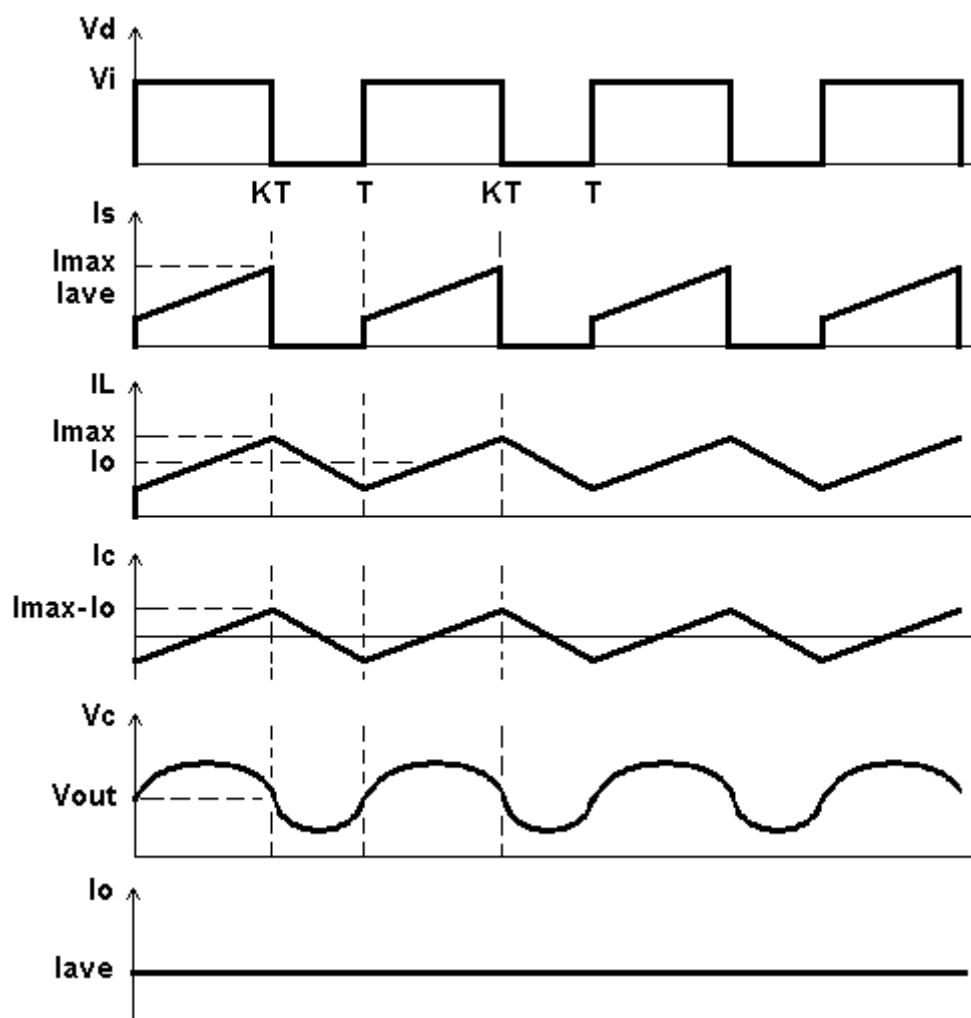
حالت اول هنگامی آغاز می شود که ترانزیستور در  $t=0$  روشن می شود. جریان ورودی که صعودی می باشد از سلف و فیلتر و مقاومت بار عبور می کند. حالت دوم هنگامی شروع می شود که ترانزیستور در لحظه  $t_2$  خاموش می شود به خاطر وجود انرژی ذخیره شده در سلف دیود هرزگرد هدایت می کند و جریان سلف به عبور از خازن و بار و دیود ادامه می دهد. جریان سلف تا زمان روشن شدن دوباره ترانزیستور در سیکل بعدی نزول می کند.

مدارهای معادل برای حالت‌های مختلف کاری در شکل ( 1 ) نشان داده شده اند. شکل موجهای ولتاژ و جریان نشان داده شده برای حالت پیوسته جریان در سلف می باشند. بسته به فرکانس کلیدزنی و اندوکتانس فیلتر جریان سلف می تواند ناپیوسته نیز باشد. رگولاتور باک ساده و بازده آن بیش از 90% است و فقط به یک ترانزیستور نیاز دارد.

در این رگولاتور ولتاژ خروجی فقط یک قطبیت داشته و جریان خروجی یکسویه است. همچنین برای جلوگیری از اتصال کوتاه در مسیر دیود به یک مدار محافظ نیاز است. ساده ترین و آسانترین و در عین حال ابتدایی ترین آرایش مربوط به این نوع است که نقاط ضعف مربوط به خود را داراست.



شکل 1 رگولاتور باک



شکل (3-1) شکل موجهای ولتاژ و جریان

## معایب رگولاتور باک:

1- به منظور تثبیت ولتاژ خروجی لازم است که ولتاژ ورودی 1 تا 2 ولت بیشتر از ولتاژ خروجی باشد.

2- هنگامی که سوئیچ روشن می شود هنوز دیود روشن است که به آسیب دیدگی سوئیچ و دیود منجر می شود ( لذا باید از یک دیود سریع با زمان بازیابی حداقل استفاده شود ).

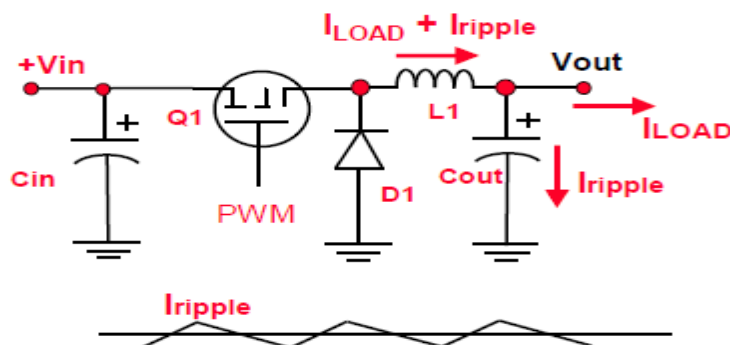
3- سوئیچهای قدرت هنگام سوختن اتصال کوتاه می شوند به همین دلیل خروجی را به بار وصل می کنند ( راه حل آن حس کردن تغییرات سریع جریان بار و انتقال آن به یک تریستور موازی است ).  
 علی رغم تمامی معایب و محدودیتهایی که ذکر شد در شرایط عادی این منابع توانایی تحویل بیش از 100 وات توان به خروجی را دارند.

شبیه سازی مدار با MULTI SIM V12 :

مبدل باکی با مشخصات زیر طراحی می کنیم :



## Buck Converter Design Example





## Buck Converter Design Example Assumptions

Assume:

$$V_{in} = 12 \text{ V}$$

$$V_{OUT} = 5 \text{ volts}$$

$$I_{LOAD} = 2 \text{ amps}$$

$$F_{sw} = 400 \text{ KHz}$$

$$D = V_{in} / V_{out} = 5 \text{ V} / 12 \text{ V} = 0.416$$

Define Ripple current:

$$I_{ripple} = 0.3 \bullet I_{LOAD} \quad (\text{typically } 30\%)$$

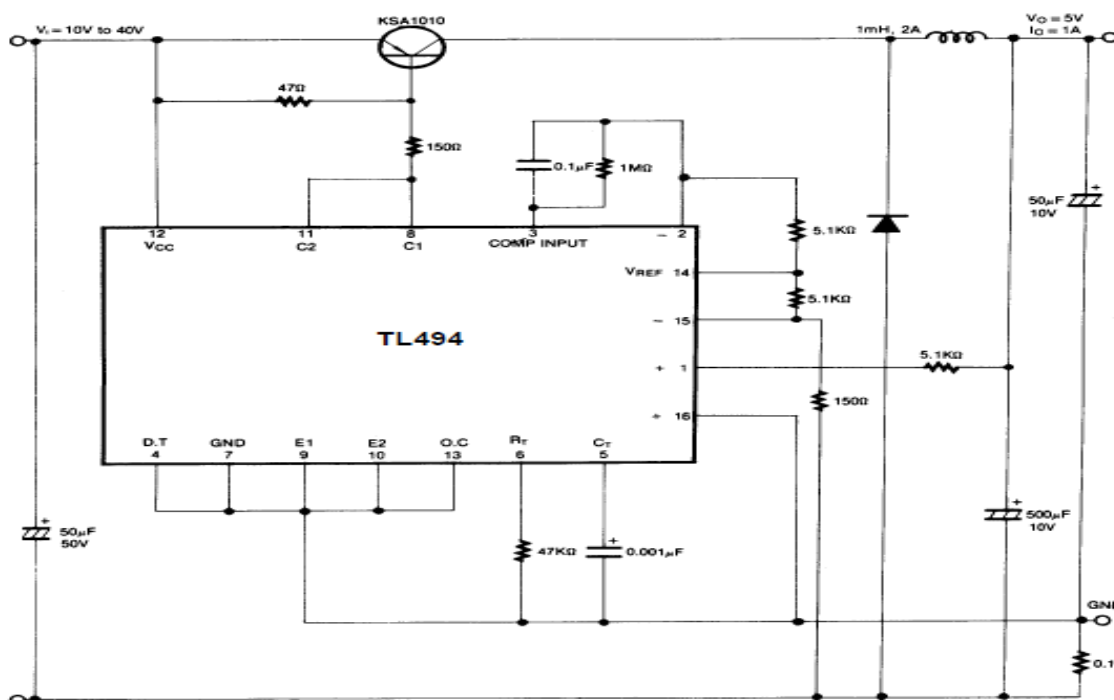
**توجه :** در شبیه سازی هایی نظیر multisim, proteus, orcad آی سی ها مولد و همزمانی پالس

پwm حداقل چند مورد خاص آن موجود می باشد یا وجود ندارد که در عمل در حلقه فیدبک آن از

آی سی های زیر استفاده کرد :

TL494(SMPS Conroller) , UC3842, MC4046, MC3306, UC3860, ...

به عنوان مثال مدار زیر با TL494 در عمل قابل پیاده سازی است :

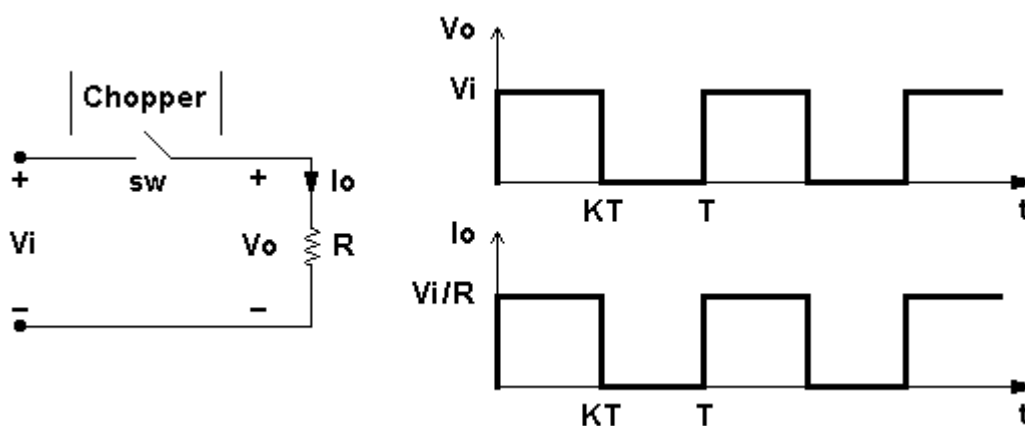


توجه 2: طراحی مدار در داخل CD به همراه آی سی های مولد پالس PWM به همراه دیتا شیت موجود می باشد

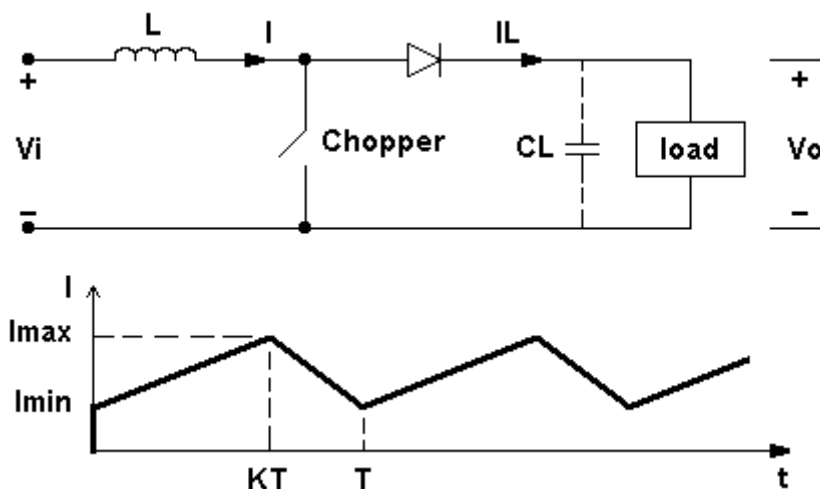
### اصول منابع تغذیه سوئیچ :

#### چاپرهای DC:

در بسیاری از کاربردهای صنعتی نیاز به تبدیل یک منبع DC ولتاژ ثابت به یک منبع ولتاژ متغیر می باشد. چاپر DC وسیله ای است که مستقیماً DC را به DC تبدیل می کند. چاپر می تواند به جهت افزایش یا کاهش پله ای ولتاژ منبع DC بکار گرفته شود. از اینرو می توان چاپرها را به دو دسته سوئیچر کاهنده و سوئیچر افزایشده تقسیم کرد.



شکل 2 چاپر کاهنده



شکل 3 چاپر افزایشده

شکل 3 یک چاپر کاهشده ( کاهش پله ای ) را نشان می دهد. با باز و بسته شدن سوئیچ ولتاژ دو سر بار صفر یا  $V_{in}$  می شود. در اینجا کلید می تواند یک MOSFET قدرت یا BJT قدرت یا ترستور قدرت با کموتاسیون اجباری باشد.

از چاپر می توان جهت بالا بردن ولتاژ DC استفاده کرد که در شکل 3 با نام چاپر افزایشده ( افزایش پله ای ) نشان داده شده است. هنگامی که سوئیچ بسته است انرژی در سلف ذخیره می شود و زمانی که سوئیچ باز میشود انرژی ذخیره شده در سلف به بار منتقل می شود و جریان سلف کاهش می یابد.

اگر یک خازن بزرگ همانطوری که با خط چین در شکل نشان داده شده است متصل شود ولتاژ خروجی پیوسته خواهد بود.

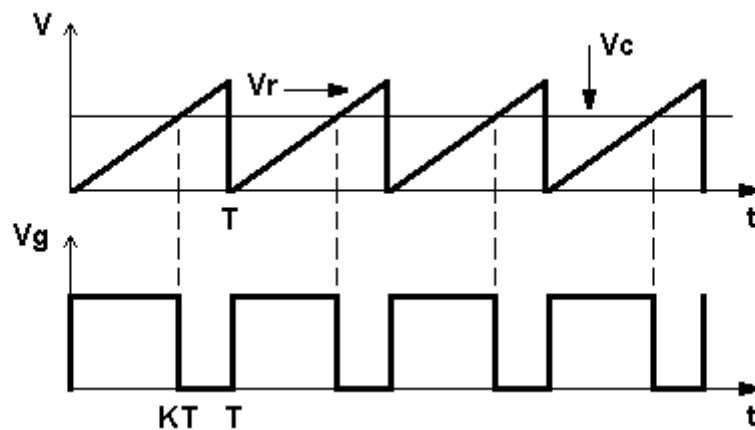
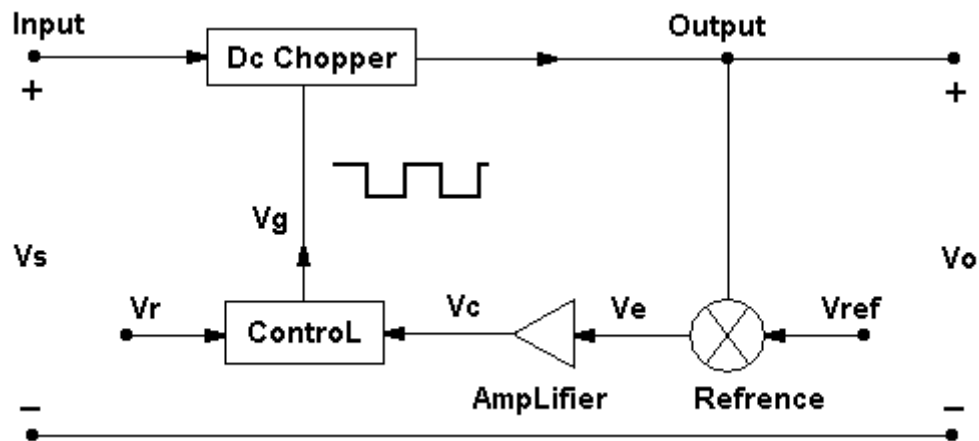
چاپرها دو نوع عملکرد متفاوت دارند :

1- عملکرد فرکانس ثابت. در این روش فرکانس چاپر ثابت نگه داشته می شود و زمان بودن کلید تغییر داده می شود. پهنای پالس در این روش تغییر می کند و این نوع کنترل مدولاسیون پهنای پالس ( PWM ) نام دارد.

2- عملکرد فرکانس متغیر. در این حالت فرکانس چاپر تغییر می کند و زمان روشن و خاموش بودن ثابت نگه داشته می شود. این روش مدولاسیون فرکانس نام دارد. در این روش فرکانس باید در محدوده وسیعی تغییر یابد تا رنج کاملی از ولتاژ خروجی را داشته باشیم که بدلیل هارمونیکهای با فرکانسهای غیر قابل پیش بینی طراحی فیلتر آن دشوار می شود.

### 2-3: اصول رگولاتورهای سوئیچینگ:

چاپرهای DC را می توان در رگولاتورهای تغییر دهنده حالت جهت تبدیل یک ولتاژ DC معمولاً تثبیت نشده به یک ولتاژ خروجی DC تثبیت شده بکار گرفت. تثبیت کردن معمولاً از طریق روش مدولاسیون پهنای پالس در یک فرکانس ثابت انجام می گیرد و عنصر کلیدزنی معمولاً BJT یا MOSFET یا IGBT قدرت می باشد. اجزا رگولاتورهای تغییر دهنده حالت در شکل 4 نشان داده شده اند.



شکل 4 عناصر رگولاتورهای سوئیچینگ

از شکل ( 4 ) می توان دریافت که خروجی یک چاپر DC با بار مقاومتی و ناپیوسته و شامل هارمونیکهایی می باشد.

مقدار رپیل ولتاژ خروجی معمولاً با استفاده از یک فیلتر LC کاسته می شود. رگولاتورهای سوئیچینگ به صورت مدارهای مجتمع یافت می شوند. طراح می تواند فرکانس کلیدزنی را با انتخاب مقادیر R و C نوسان کننده فرکانسی انتخاب کند. به عنوان یک قانون سر انگشتی برای حداکثر کردن بازده حداقل دوره تناوب نوسان گر باید حدود 100 مرتبه بیشتر از زمان کلیدزنی ترانزیستور باشد.

برای مثال اگر ترانزیستوری زمان کلیدزنی برابر 0.5 میکرو ثانیه داشته باشد دوره تناوب نوسان گر 50 میکرو ثانیه خواهد بود که در نتیجه حداکثر فرکانس نوسان گر 20 kHz خواهد بود.

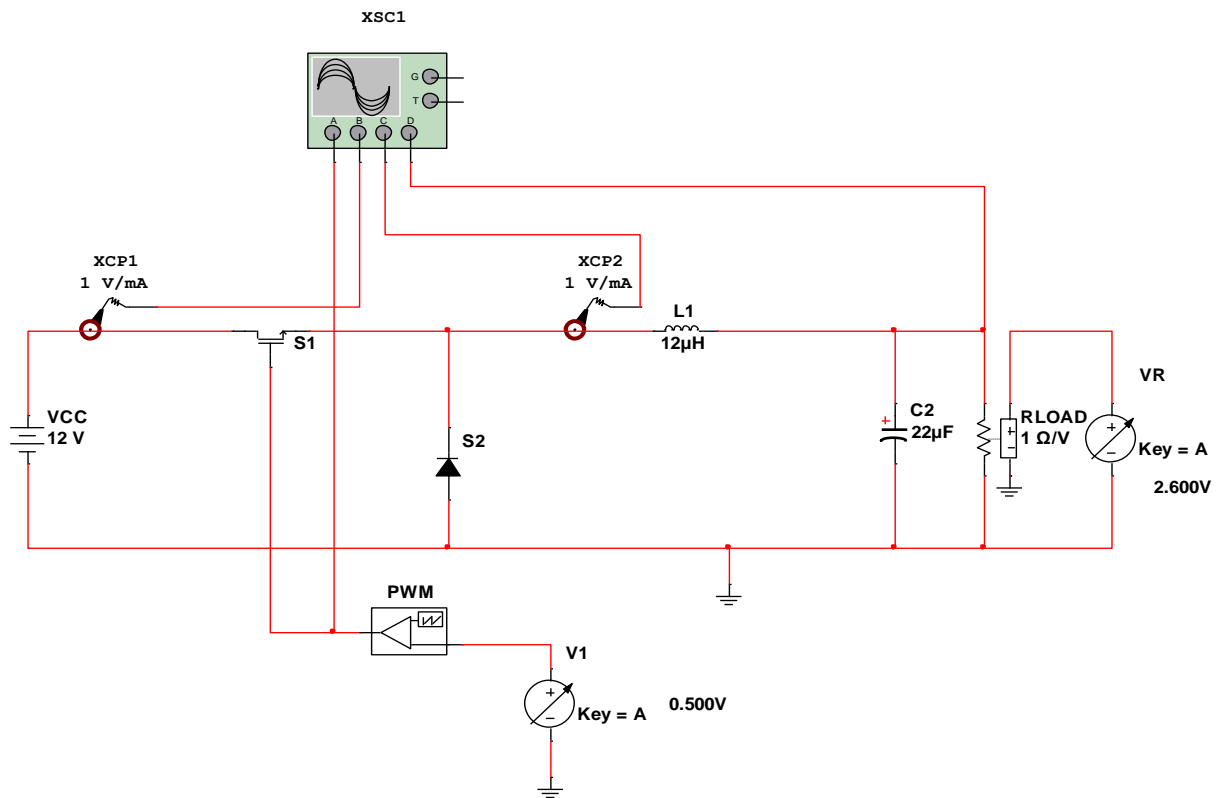
این محدودیت ناشی از تلفات کلیدزنی ترانزیستور می باشد. تلفات کلیدزنی ترانزیستور با فرکانس کلیدزنی افزایش و در نتیجه بازده کاهش می یابد. بعلاوه تلفات هسته سلفها کارکرد با فرکانس بالا را محدود می سازد.

ولتاژ کنترلی  $V_c$  با مقایسه ولتاژ خروجی با مقدار مطلوب آن بدست می آید.  $V_c$  را می توان با یک ولتاژ دندان اره ای  $V_r$  مقایسه کرد تا سیگنال کنترلی PWM برای چاپر DC تولید شود. این عمل در شکل (4) نشان داده شده است.

### توضیح شبیه سازی :

نمایی از شبیه سازی رگولاتور باک با نرم افزار Multisim V12 در زیر مشاهده می شود در این شبیه سازی به علت نبود آی سی های یاد شده در خود نرم افزار یک کنترلر PWM برای منابع تغذیه SMPS وجود دارد که ما آن را به کار گرفتیم و به یکی از پایه های آن موج ramp اعمال شده و به پایه دیگر یک منبع تغذیه متغیر اعمال می کنیم که با موج رمپ مقایسه می شود و زمان تغییر موج PWM را به عهده گیرد. دیود و ترانزیستور استفاده شده در شبیه ساز در خود نرم افزار و به نام دیود سوئیچینگ و ترانزیستور سوچینگ می باشد (شماره به کار گرفته خاصی نمی باشد) که ویژگی های هر کدام را با کلیک کردن می توان تغییر داد به عنوان مثال پارامتر های مقاومت روشن ترانزیستور و مقاومت خاموش ترانزیستور و... همانطور که در شکل مشاهده می شود مقاومت بار یک مقاومت کنترل شونده با ولتاژ می باشد این به این دلیل گذاشته شده است چون در تمام منابع تغذیه سوچینگ اگر حد کارکرد مدار به یک حد قابل قبولی نرسد منبع تغذیه سوچینگ شروع به کار نمی کند ، به عنوان توضیح بیشتر مقاومت بر روی  $1\Omega/V$  تنظیم شده و منبع اعمالی به آن را آنقدر تغییر می دهیم تا شکل قابل قبولی را در خروجی مشاهده نماییم که با تنظیم منبع روی 2.5 ولت شکل موج های قابل قبولی بدست می آید پس یعنی می توان یک مقاومت 2.5 در مدار قرار داد تا مدار عمل کند ، پس در منابع تغذیه سوچینگ اشتباه محاسبه تمام المان های مدار بر همدیگر تاثیر خواهند گذاشت.

**توجه :** در این مبدل هر چه زمان روشن بودن ترانزیستور بیشتر باشد ولتاژ خروجی هم بیشتر می شود .



شکل موج های  $I_L$ ,  $I_S$ ,  $V_{pulse}(pwm)$ ,  $V_o$

