

تنظیم کننده های ولتاژ (رگولاتورها):

مشخصات پارامترهای یک رگولاتور: در اکثر مدارات الکترونیکی به یک منبع ولتاژ با مقدار ثابت (dc) برای تغذیه (بایاس) المان های فعال نیاز داریم. اگر بخواهیم به جای استفاده از باتری ها این ولتاژ ثابت را از برق شهر تامین کنیم باید ولتاژ ac برق شهر پس از یکسوسازی از یک فیلتر عبور دهیم تا یک ولتاژ ac ایجاد شود. اما ولتاژ خروجی مدار فیلتر هنوز هم کاملاً تثبیت نشده است و هنوز هم دارای مقداری ریب می باشد، با عبور این ولتاژ رگول نشده از یک رگولاتور، یک ولتاژ dc مناسب ایجاد می کنیم. بنابراین یک منبع تغذیه در حالت کلی دارای اجزای زیر می باشد:

ولتاژ خروجی یک رگولاتور می تواند تحت تاثیر عوامل زیر باشد:

- 1- تغییر در ولتاژ ورودی منبع تغذیه به علت نوسانات برق شهر
- 2- تغییر در مقاومت بار وصل شده در خروجی رگولاتور
- 3- تغییرات حرارتی ناشی از دمای محیط کار

با توجه به 3 عامل تاثیرگذار فوق بر روی ولتاژ dc خروجی، درصد تغییرات ولتاژ خروجی نسبت به این عوامل به صورت زیر تعریف می شود:

الف) ضریب تثبیت ولتاژ (تنظیم خط):

$$Sv = \frac{\Delta Vo}{\Delta Vi}$$

ب) ضریب تثبیت جریان:

$$Si = \frac{\Delta Vo}{\Delta Ic}$$

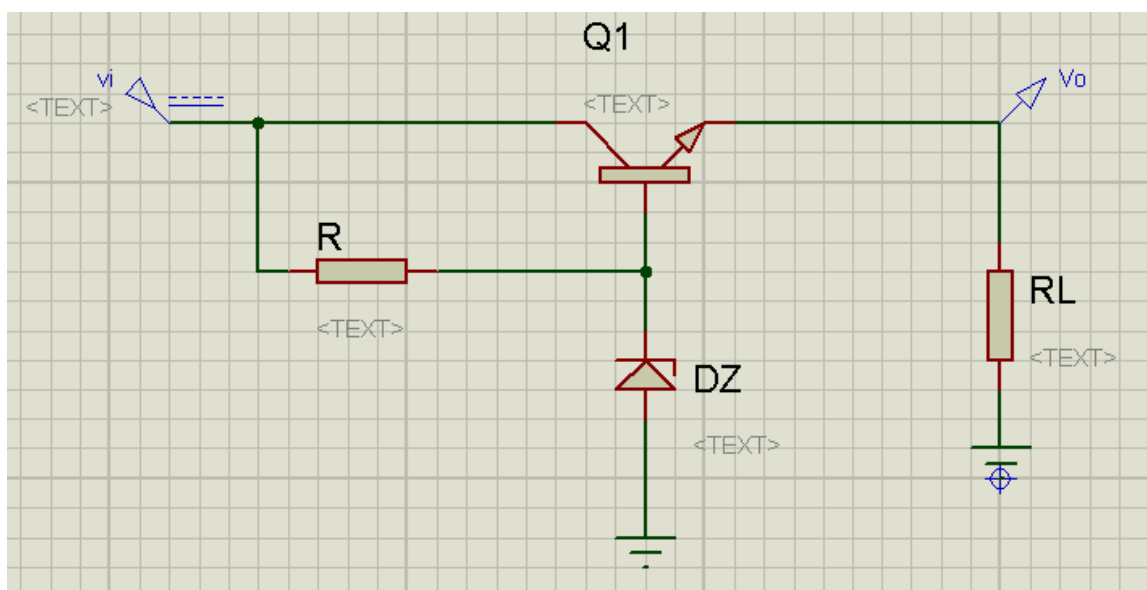
ج) ضریب تثبیت دما:

$$St = \frac{\Delta Vo}{\Delta T}$$

نکته: علاوه بر 3 عامل بیان شده، پارامتر دیگری به نام رگولاسیون ولتاژ (درصد رگولاسیون) به صورت زیر برای مشخص کردن اثر تغییر مقاومت بار روی ثابت بودن ولتاژ خروجی که در حالت بی باری (قبل از وصل شدن بار) تعریف می شود، استفاده می کنیم. این پارامتر میزان کاهش ولتاژ خروجی را از حالت بی باری ($R_L = \infty$) نسبت به حالتی که کمترین مقدار R_L به خروجی وصل شده است نشان می دهد.

$$V.R = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100$$

مثال: در مدار شکل زیر یک تنظیم کننده ولتاژ نشان داده شده است رابطه ی S_v با r_z و R را بنویسید.



$$V_B = \frac{r_z}{r_z + R} V_i$$

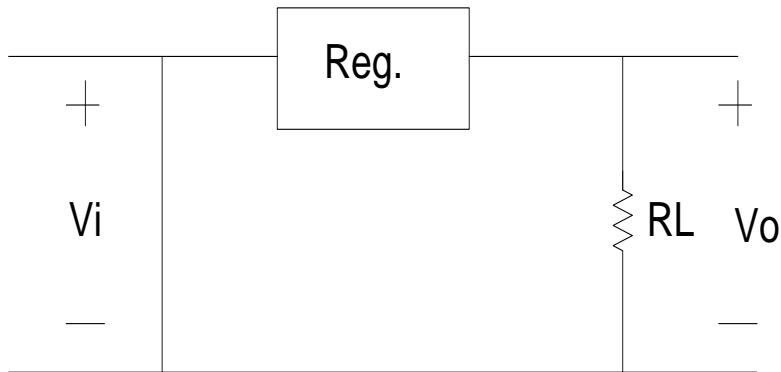
$$V_B - 0.7 = V_o \rightarrow V_B = V_o + 0.7$$

$$\frac{V_o + 0.7}{V_i} = \frac{r_z}{r_z + R}$$

انواع رگولاتورهای ولتاژ:

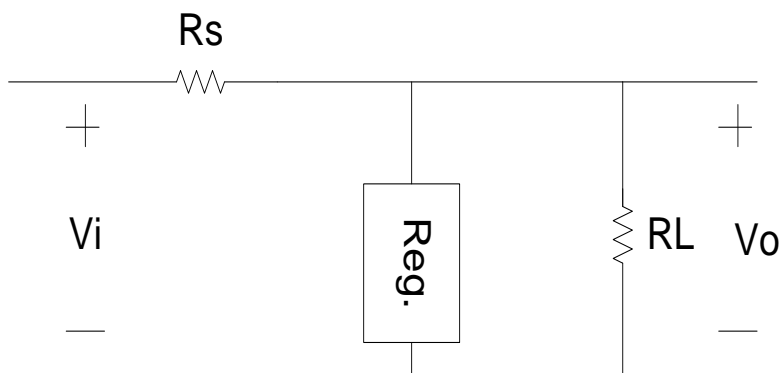
الف) تنظیم کننده های ولتاژ سری:

این نوع رگولاتور به صورت سری با بار قرار می گیرد طوری که جریان خروجی رگولاتور از بار عبور می کند. با توجه به تحمل جریان محدود برای رگولاتورها، این نوع از رگولاتورها برای کاربردهای با جریان کم یا متوسط، ولتاژ زیاد و بار متغیر به کار می روند.



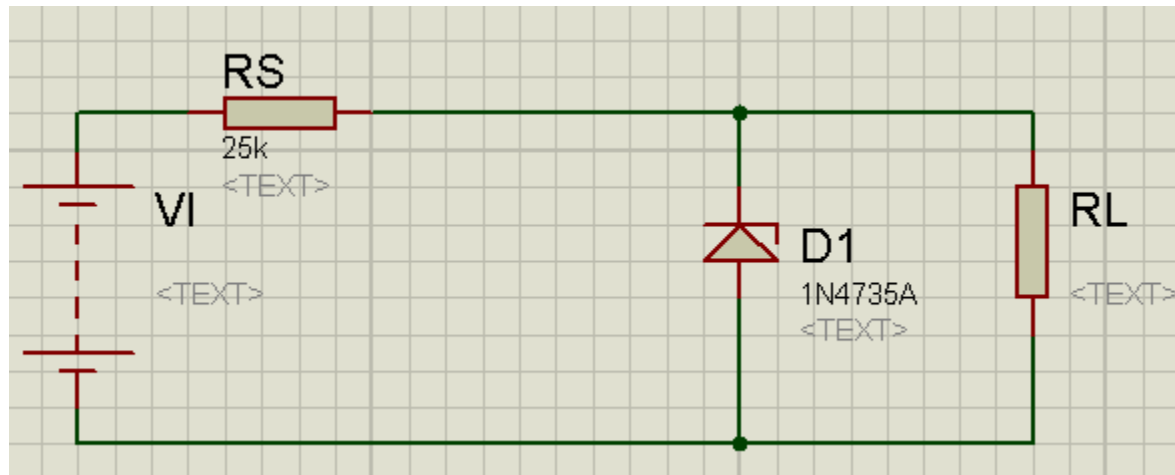
ب) تنظیم کننده های ولتاژ موازی:

در این حالت تنظیم کننده با بار به صورت موازی قرار می گیرد و تنها بخشی از جریان تحویلی به بار از رگولاتور می گذرد. ، بنابراین برای کاربردهایی که نیاز به جریان زیاد، ولتاژ کم (متوسط) و بار نسبتاً ثابت باشد از این رگولاتور استفاده می شود.



بررسی تنظیم کننده ی ساده ی زنری:

مثال: در مدار زیر کمترین مقدار R_L برحسب $k\Omega$ چقدر است.



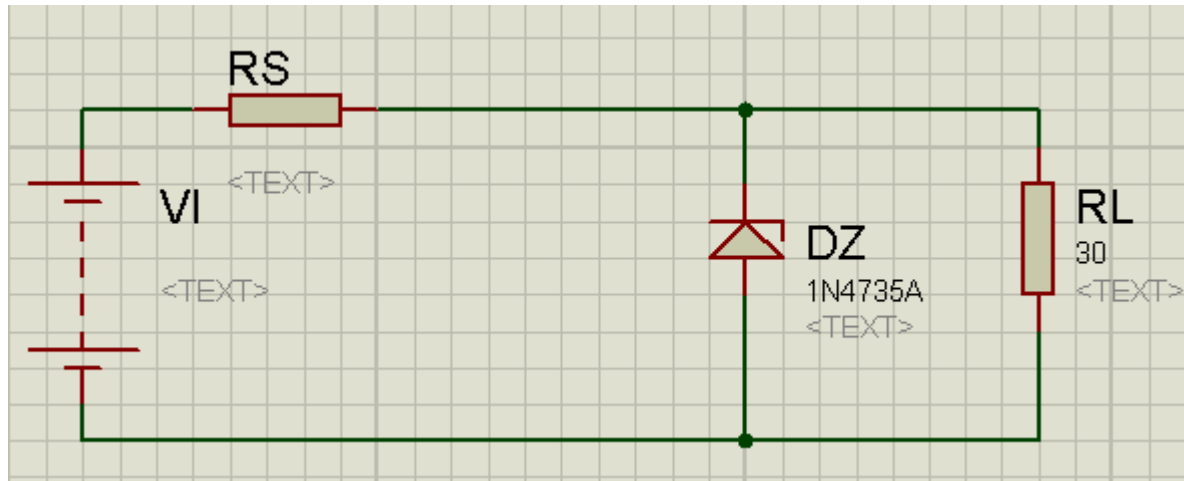
$$V_i = 10 \quad , \quad I_{zk} = 1 \text{ mA} \quad , \quad V_z = 5$$

$$I_s = \frac{10 - 5}{25 \text{ k}} = 2 \text{ mA} \quad , \quad R_{Lmin} = \frac{V_{RL}}{I_{Lmax}} \quad , \quad I_{Lmax}$$

$$= I_s - I_{zk} = 1 \text{ mA}$$

$$R_{Lmin} = \frac{5}{1 \text{ mA}} = 5 \text{ K}\Omega$$

مثال: در مدار زیر محدوده ی تغییرات R_S باید چقدر باشد؟

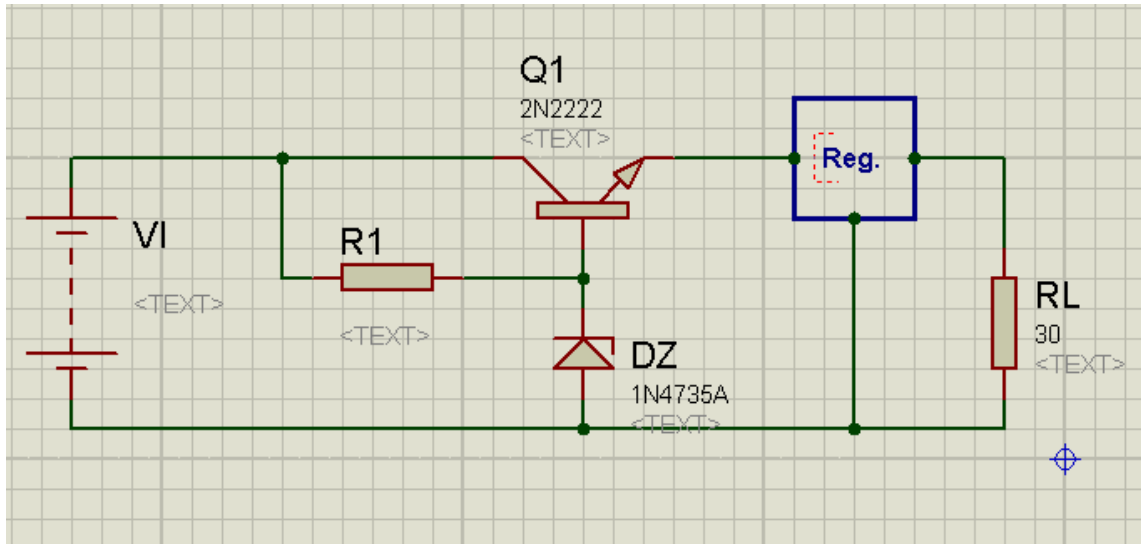


$$\left\{ \begin{array}{l} I_{zmax} = 40 \text{ mA} \\ I_{zk} = 2 \text{ mA} \\ V_i = 12 \text{ v} , \quad V_z = 6 \text{ v} \end{array} \right.$$

$$I_L = \frac{6}{300} = 20 \text{ mA} , \quad R_{smin} = \frac{12 - 6}{60} = 100 \Omega$$

$$I_{smin} = I_L + I_{zk} = 20 + 2 = 22 \text{ mA} , \quad R_{smax} = \frac{V_i - V_z}{I_{smin}} = 270 \Omega$$

مثال: در مدار زیر رابطه ی صحیح برای R_1 را بیابید.

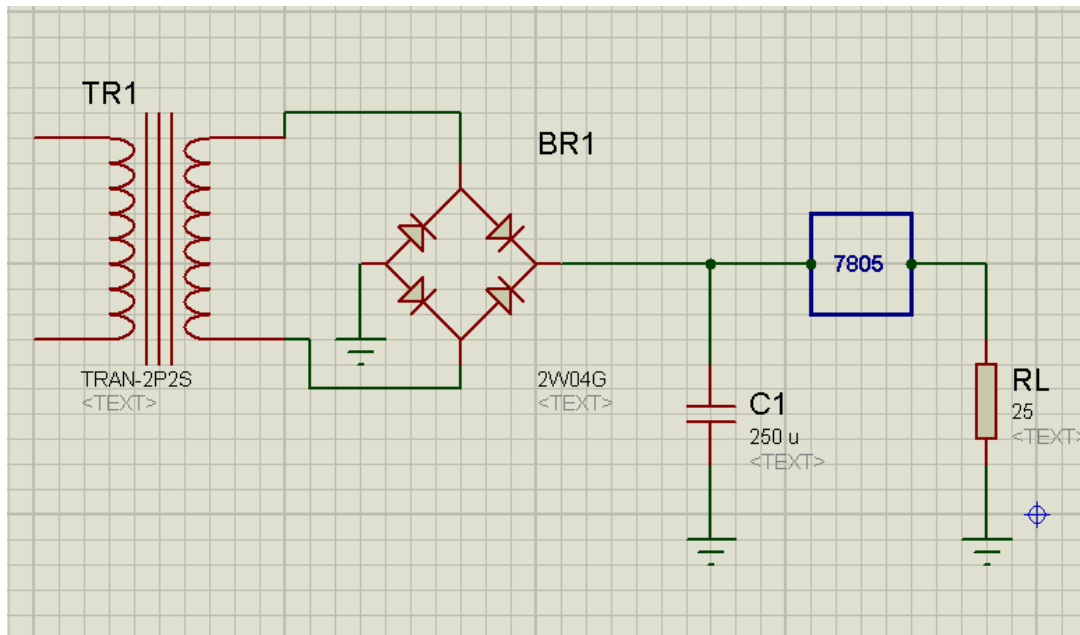


$$I_L = 100 \text{ mA} , V_Z = 20 \text{ v} , E = 55 \text{ v}$$

$$I_{zk} = 5 \text{ mA} , I_{zm} = \infty , 1 + \beta = 50$$

$$0 < R_1 < \frac{35}{6} \text{ k}\Omega$$

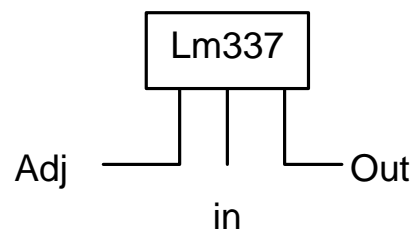
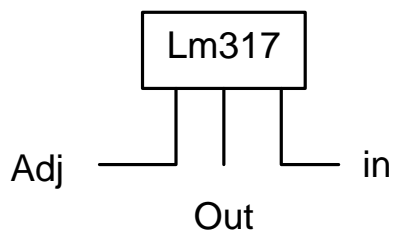
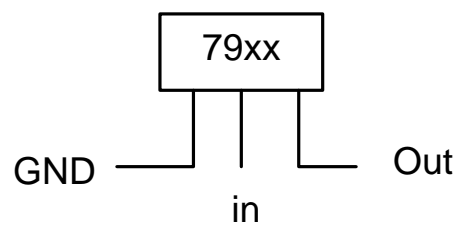
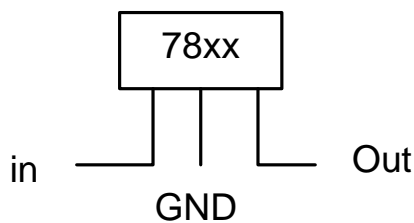
مثال: در مدار زیر مقدار $V_r(p-p)$ چند ولت است.



$$F = 50 \text{ hz}$$

$$I_{Ldc} = \frac{5}{25} = 0.2 \text{ A} \quad , \quad V_r(p-p) = \frac{0.2}{2 \times 50 \times 250 \mu} = 8$$

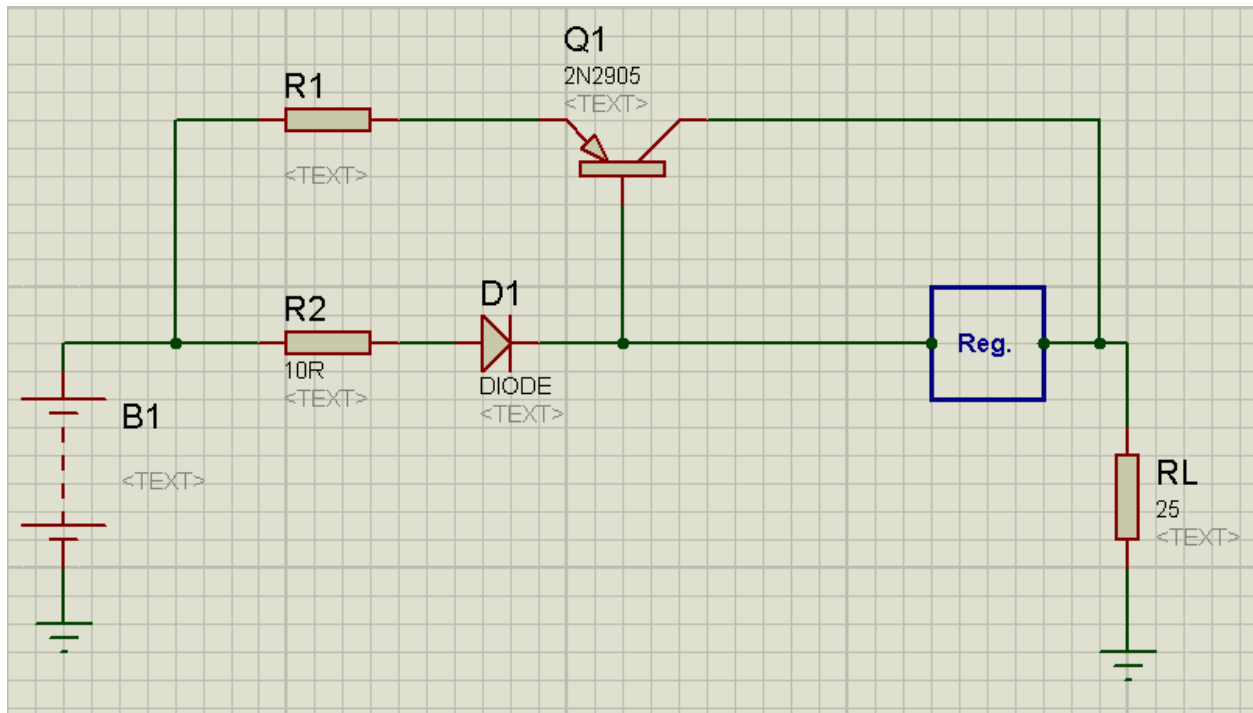
نکته: معرفی چند IC تثبیت کننده ی ولتاژ



$$I_c \text{ LM317} \quad 1.2 < V_{out} < 37 \quad (V)$$

$$I_c \text{ LM337} \quad -37 < V_{out} < -1.2 \quad (V)$$

مثال: مقدار R_1 در مدار زیر چقدر است؟



$$I_{Reg} = 0.5 A$$

$$I_L = 1.5 A$$

$$R_1 = 5 \Omega$$

مدار محدود کننده برای رگولاتورها:

در مواردی مانند اتصال کوتاه R_L ، جریان زیادی از IC رگولاتور کشیده می شود که باعث سوختن آن خواهد شد. برای محافظت از ICهای رگولاتور می توان از یک ترانزیستور مطابق با مثال قبل استفاده شود. در این مدار برای جریان I_o های کم، I_{in} کوچک است و با افزایش I_{in} ولتاژ V_{RS} بیشتر از V_{BE} شده، در نتیجه T_r روشن می شود. بنابراین بخشی از جریان منبع از T_r می گذرد. ضمناً مقاومت R_S طوری انتخاب می شود که ترانزیستور در جریان های کم خاموش باشد و عملاً نقشی در مدار نداشته باشد اما در جریان های زیاد ترانزیستور روشن شده و اضافه جریان منبع از آن می گذرد.

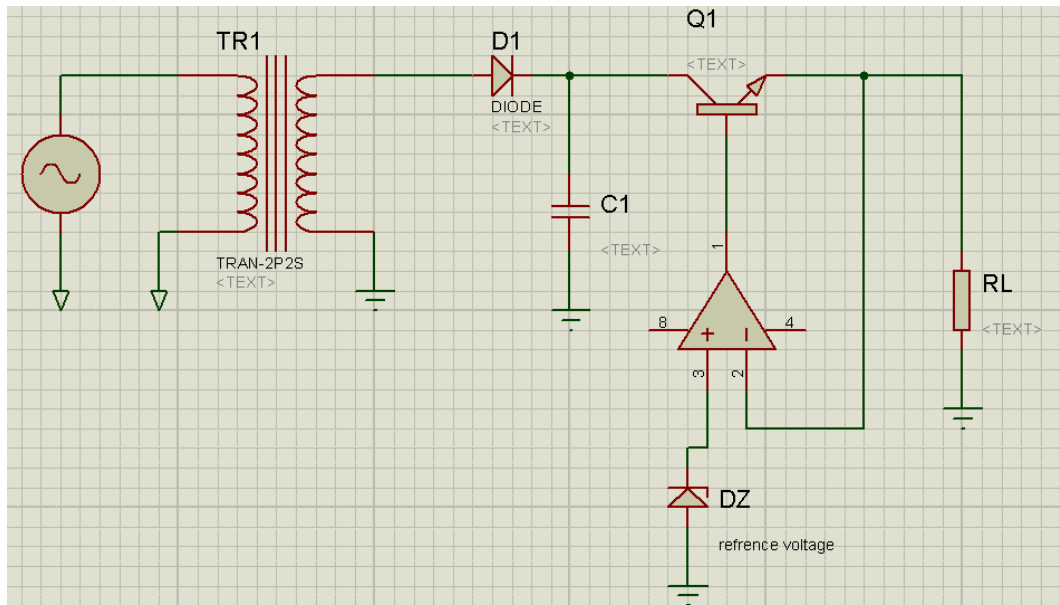
مزایای منابع تغذیه خطی:

- 1- سادگی: طراحی مدارات بسیار ساده و با قطعات کم صورت می گیرد.
- 2- قابلیت تحمل بار زیاد، تولید نویز ناچیز در خروجی و نویزپذیری بسیار اندک و زمان پاسخ دهی بسیار کوتاه.
- 3- برای توان کمتر از 10W مناسب تر و ارزان تر از مدارهای مشابه سویچینگ است.

معایب منابع تغذیه خطی:

- 1- بازده کمتر از 50% که دلیل آن افت ولتاژ و در نتیجه اتلاف توان در عنصر کنترل کننده است.

شمای مداری یک منبع تغذیه خطی ساده به صورت زیر است:



2- حجم زیاد:

الف) بزرگ بودن ترانس کاهنده ی ورودی:

این ترانس به دلایلی نمی تواند از بلوک دیگرام منابع تغذیه خطی کنار گذاشته شود. ترانس سبب جداسازی یا ایزولیشن مدار خروجی از ورودی می شود و از طرفی برای جلوگیری از تشعشع مدار و جلوگیری از مدارهای اکترومغناطیسی خارجی مجبور هستیم زمین مدار را به

بدنه ی منبع تغذیه متصل کنیم و در صورت نبود ترانس خطر برق گرفتگی برای کاربر وجود دارد، به علاوه با توجه به شکل قبل اگر ولتاژ 220 ولت برق شهر را بدون ترانس به ورودی مدار اعمال کنیم، در مرحله ی اول این ولتاژ یکسو شده و ولتاژ دو سر خازن برابر با $220\sqrt{2}$ خواهد شد. در این حالت ولتاژ دو سر خازن توسط T_r به خروجی می رسد. به دلیل افت ولتاژ زیاد ولتاژ حرارتی زیادی تولید می شود که در نهایت باعث سوختن ترانزیستور می شود.

نکته: توان قابل تحمل ترانس با سطح مقطع آن متناسب است.

$$P \propto s^2$$

با توجه به این نکته، برای توان های زیاد نمی توان از منابع تغذیه خطی استفاده کرد، زیرا حجم ترانس آن ها بسیار بزرگ می شود.

(ب) نیاز به گرماگیرهای بزرگ به دلیل تلفات زیاد در عنصر کنترل کننده.

3- زمان نگهداری بسیار کوچک:

مدت زمانی که خروجی تغذیه علی رغم قطع بودن ورودی، همچنان برقرار است را مدت زمان نگهداری یک منبع تغذیه می گویند.

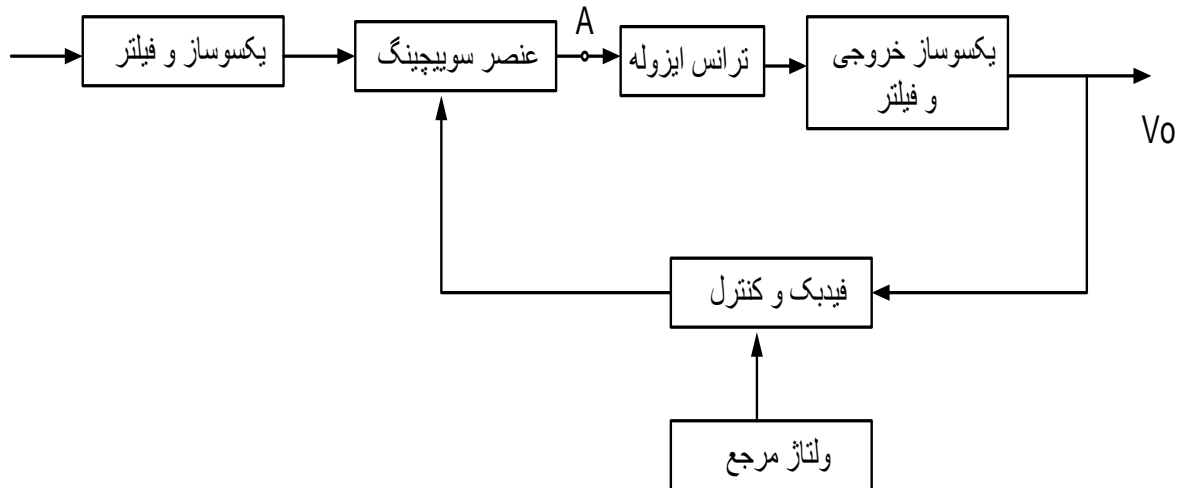
در منابع تغذیه خطی، در صورتی که بخواهیم این زمان را افزایش دهیم باید ظرفیت خازن های ورودی را بسیار بزرگ در نظر بگیریم که این عمل باعث افزایش حجم خواهد بود.

منابع تغذیه غیرخطی یا سویچینگ (SMPS):

SMPS \equiv Switched Mode Power Supply

به منظور حذف یا کاهش معایب منابع تغذیه خطی می توان از منابع تغذیه سویچینگ استفاده کرد که بلوک دیاگرام آن به صورت زیر است:

سیگنال AC



نحوه ی عملکرد این مدار بدین صورت است که ابتدا ولتاژ متناوب برق شهر مستقیماً یکسو و فیلتر می شود تا یک ولتاژ DC نسبتاً زیاد تولید شود. این ولتاژ به عنصر سویچینگ یا کلید اعمال می شود و سپس از یک ترانس کاهنده و یک یکسوساز عبور داده می شود تا ولتاژ DC مورد نیاز تولید شود. بدیهی است که با کنترل زمان قطع و وصل (سویچینگ) می توان دامنه ولتاژ خروجی را بر روی یک مقدار مشخص تثبیت کرد.

مزایای منبع تغذیه سویچینگ:

1- راندمان بالا و بزرگتر از 50٪: بازده این منابع 70 تا 80٪ می باشد. در منابع تغذیه سویچینگ عنصر کنترل (ترانزیستور) در حالت اشباع و قطع کار می کند و لذا توان تلفاتی پایینی دارد. در حالی که در منابع تغذیه خطی، عنصر کنترل در حالت فعال کار می کند و لذا توان تلفاتی بالا خواهد رفت. در واقع با فرض ایده آل بودن عنصر کنترل کننده داریم:

$$\left. \begin{array}{l} \text{تغذیه سویچینگ} \\ \text{تغذیه خطی} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{حالت قطع} \rightarrow I_c = 0, V_{CE} = V_{CEQ} \rightarrow P = 0 \\ \text{حالت اشباع} \rightarrow I_c = I_{cQ}, V_{CE} = 0 \rightarrow P = 0 \end{array}$$

$$\text{تغذیه خطی} \quad \text{ناحیه فعال} \quad I_c = I_{cQ}, V_{CE} = V_{CEQ} \rightarrow P = V_{CEQ} \times I_{cQ}$$

2- ابعاد کوچک ترانس: منابع تغذیه خطی در فرکانس 50Hz برق شهر کار می کنند در حالی که در منابع تغیه سویچینگ با افزایش فرکانس، حجم ترانس کوچک خواهد شد.

$$F_{\text{smps}} = 30\text{KHz} , F_{\text{linear}} = 50\text{Hz}$$

$$\frac{F_{\text{smps}}}{F_{\text{linear}}} = \frac{30\text{K}}{50} = 600$$

ترانس SMPS به اندازه 600 برابر کوچک تر می شود. بنابراین منابع تغذیه سویچینگ نسبت به منابع تغذیه ی خطی کوچکتر خواهند شد.

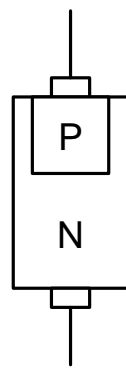
3- سبک بودن منبع تغذیه: بیشتر وزن یک منبع تغذیه به ترانس ربط دارد.

4- زمان نگهداری: زمان نگهداری بیش از 5ms در منابع تغذیه سویچینگ خواهد بود. دلیل آن ولتاژ DC بالایی است که در خازن ورودی ذخیره می شود و از آنجایی که انرژی ذخیره شده در خازن با مربع ولتاژ رابطه دارد، به همین دلیل منابع SMPS زمان نگهداری بالاتری دارند.

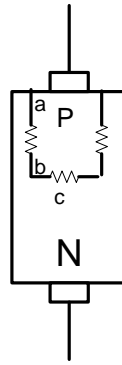
معایب منابع تغذیه سویچینگ:

- 1- به دلیل نوع فیدبک به کار برده شده، ایزولاسیون یا مجزاسازی از بین می رود که در این حالت زمین ورودی به زمین خروجی متصل می شود و خطر برق گرفتگی بوجود می آید.
- 2- تغییرات ولتاژ و جریان در نقطه A (بعد از کلید قبل از ترانس)، باعث تشعشع می شود. علاوه بر تشعشع در این حالت تلفات ترانس افزایش یافته که با افزایش تلفات، بازدهی کم می شود.
- 3- نیاز به حفاظت در برابر اضافه بار:

شکل های زیر شکل واقعی و شکل ایده آل ساختمان داخلی یک پیوند P-N را نشان می دهد.



نمای ایده آل



نمای واقعی

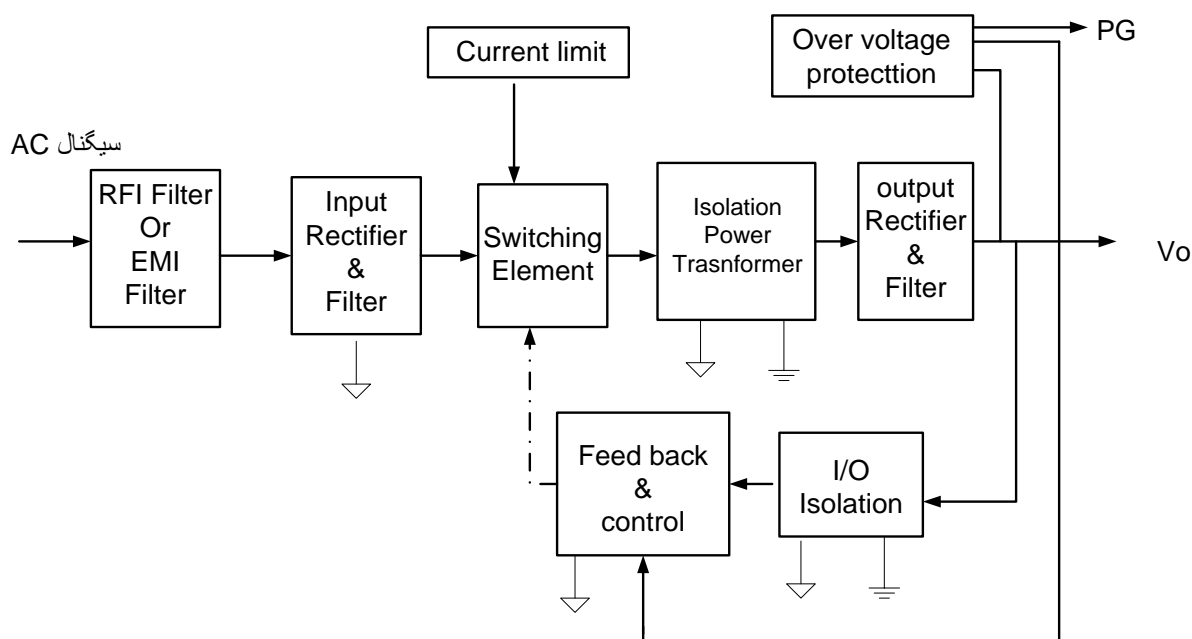
در منابع تغذیه خطی یا غیر خطی از اتصالات P-N بسیار استفاده می شود. با توجه به شکل واقعی از یک پیوند P-N، هنگامی که از آن جریان DC عبور می کند، بیشتر جریان از نقاط تختی مانند a, b عبور می کند. حال اگر این جریان بیشتر شود، به طوری که بیش از حد قابل تحمل پیوند باشد، قبل از آنکه پیوند اتصال کوتاه شود در اثر گرم شدن پیوند، سیم ارتباطی آن که با جوش التراسوند وصل شده جدا خواهد شد. همچنین هنگامی که از یک پیوند P-N جریان پالسی (AC) عبور دهیم، این جریان از نقاط نوک تیز مانند c عبور می کند که اگر این جریان افزایش یابد در اثر گرم شدن موضعی پیوند، ناخالصی های ناحیه P واقع در نقاط نوک تیز به داخل ناحیه نوع N نفوذ می کند که سبب اتصال کوتاه شدن پیوند می شود.

4- جریان یورشی زیاد: جریان هایی هستند که در لحظه ی اول بعد از وصل شدن منبع تغذیه به علت شارژ نبودن خازن های مدار از ورودی دریافت می شوند. در منابع تغذیه خطی با وجود ترانس کاهنده در ورودی، جریان یورشی کم خواهد بود. ولی در منابع تغذیه غیر خطی با توجه به این که در ورودی ترانس وجود ندارد، ولتاژ اعمالی به دو سر خازن زیاد است، لذا جریان یورشی زیاد است.

بلوک دیاگرام کامل تر منابع تغذیه سویچینگ (بلوک دیاگرام دوم):

در بلوک دیاگرام قبلی (بلوک دیاگرام اول) مشکلاتی وجود دارد که موجب می گردد تا نتوان با اطمینان خاطر از سیستم سویچینگ با این بلوک دیاگرام کار کرد. در نتیجه با اضافه کردن چند بلاک مناسب دیگر این معایب را می توان برطرف کرد. در اینجا به بررسی پیرامون این مشکلات و چگونگی رفع آنها می پردازیم.

شکل بلوک دیاگرام دوم:



1- یکی از مشکلات این است که چنان چه مسیر فیدبک به هر دلیلی قطع شود، ولتاژ خروجی زیاد شده و چون کنترلی برای محدود کردن آن وجود ندارد در نهایت باعث سوختن مدار می شود. بنابراین نیازه یک حفاظت در برابر اضافه ولتاژ می باشد، که این عمل را واحدی به نام حفاظت در برابر اضافه ولتاژ (Over voltage protection) انجام می دهد. به این صورت که این مدار از ولتاژ خروجی نمونه برداری می کند و آن را بررسی نموده که مقدار بدست آمده بیشتر از مقدار مورد نظر که از قبل تعیین شده نباشد.

در اصل این واحد دو وظیفه دارد:

- 1- در صورت رخ دادن اضافه ولتاژ، سیستم رابه صورت کامل یا نیمه کامل قطع کند.
- 2- سیگنالی را برای شبکه تغذیه شونده می فرستد و به آن اعلام می کند که تغذیه مناسب است یا نه. در واقع سیگنال PG را فعال یا غیر فعال می کند.

PG≡Power Good

نکته: لازم به ذکر است که اغلب دستگاه های تغذیه شونده با منابع سویچینگ، هنگام دریافت توان و برای امنیت بیشتر به این صورت کار می کنند که بعد از بوجود آمدن (تولید شدن) ولتاژ خروجی آن را آزمایش کرده، چنان چه در محدوده ی مناسبی باشد یک سیگنال High شده به وسیله اجازه می دهد که توان نامی را از سیستم دریافت کند. چنان چه این سیگنال LOW شود هیچ گاه توان انتقال نمی یابد. در بعضی اوقات ممکن است منبع SMPS روشن باشد ولی سیستم متصل به آن خاموش باشد چراکه سیگنال PGHigh تولید نشده است.

- 2- مشکل دیگر بلوک دیاگرام قبلی، ایجاد نویز هدایتی می باشد که از ترانس سویچینگ رو به

جلو و عقب بر روی خط تغذیه ایجاد می شود. برای حذف این نویز از فیلتر RFI یا EMI استفاده میگردد که در ورودی نصب می شود که اجازه ی ورود یا خروج نویز را نمی دهد. مشکل نویز هدایتی به دو صورت آشکار می شود:

- 1- توان راکتیو دریافت شده از خط را زیاد می کند.

- 2- ایجاد تداخل رادیویی می کند.

در توان های پایین در حدود 200 تا 300 وات غالباً از یک طبقه از این فیلتر استفاده می شود و در توان های بالاتر مثلاً 500 تا 600 وات از 2 طبقه از این فیلتر استفاده می شود. اما در توان های خیلی بالاتر فیلتر RFI دیگر به تنهایی پاسخگوی نیاز مدار نیست و باید از واحد PFC نیز استفاده شود.

RFI≡ Radio Frequency Interference

EMI≡ Electro Magnetic Interference

PFC≡ Power Factor Correction

3- مشکل دیگر عبور جریان اضافی از عناصر سویچینگ است. به عنوان مثال اگر خروجی اتصال کوتاه شود، به محض آمدن پالس روشنی ترانزیستور سویچینگ می سوزد و یک اتصال کوتاه فلزی در ترانزیستور ایجاد می شود. البته ترانس تحمل عبور جریان تا 10 برابر جریان اتصال کوتاه را دارد ولی سایر عناصر مانند دیود و فیلتر و ... صدمه خواهند دید. برای رفع این مشکل واحدی به نام حفاظت از اضافه جریان (Current Limit) طراحی شده است تا بالا رفتن جریان را تشخیص دهد. به عنوان مثال در برخی سیستم ها توسط یک ترانس از بیشینه ی جریان عبوری بوسیله ی حلقه نمونه گیری می شود و ولتاژی مناسب با این جریان در خروجی ایجاد می شود. سپس این ولتاژ مورد بررسی قرار می گیرد که آیا در حد مجازی می باشد یا نه. البته به جای ترانس می توان از مقاومت نیز استفاده کرد اما در توان های بالا در فرکانس سویچینگ این مقاومت ها از خود خاصیت سلفی ایجاد کرده و در این حالت ولتاژ دو سر آن ها متناسب با جریان عبوری از آن ها نیست تا بتوان با اندازه گیری ولتاژ دو سرشان مقدار جریان را تعیین کرد، بلکه متناسب با تغییر جریان تغییر خواهد کرد.

4- مشکل فیدبک در بلوک دیاگرام قبلی وجود دارد. در بلوک دیاگرام قبلی با اتصال شبکه ی فیدبک، زمین ورودی و زمین خروجی یکی می شود و این از نظر ایمنی مناسب نیست زیرا سیستم باید offline یا قطع خط باشد. در یک سیستم offline باید اتصال فاز و نول (خطوط ورودی) از خروجی سیستم کاملا مجزا باشد تا ایمنی کاربر تضمین گردد. برای این منظور از بلوک I/O isolation یا مجزا کننده ی ورودی از خروجی استفاده می شود. غالبا بعد از مقایسه ولتاژ خروجی با مرجع، اطلاعات به صورت نوری یا مغناطیسی انتقال می یابد (زیرا در این حالت نیازی به خط زمین نیست). مثلاً یک ترانس یا یک دیود نوری به راحتی می تواند مجزا سازی را انجام دهد.

5- در مورد محل قرارگیری واحد کنترل باید گفته شود، اگر واحد کنترل در خروجی قرار گیرد، در لحظه ی اول که سیستم می خواهد روشن شود از آن جایی که ولتاژ خروجی صفر است عملاً تغذیه ای برای واحد کنترل وجود ندارد و لذا سیستم روشن نمی شود. پس اول باید

واحد کنترل بعد از مجزاساز ورودی و خروجی قرار گیرد تا ولتاژ آن به نحو مطلوب تری تامین گردد. از آنجایی که در تمامی سیستم ها نیاز به امنیت بیشتر وجود دارد، بخشی باید در خروجی قرار گیرد تا در صورت اتصال کوتاه شدن خروجی، سیستم کنترل (واحد فیدبک و کنترل) خاموش و Tr های سویچینگ نیز قطع شوند، لذا از بلوک تغذیه کمکی (Auxiliary Supply) استفاده می کنیم تا در لحظه ی اول که سیستم در آستانه ی روشن شدن است، تغذیه بخش کنترل تامین شود. به این صورت واحد کنترل در قسمت خروجی قرار می گیرد و امنیت برقرار می شود.

بخش فن ها:

در مورد گرمای تولید شده به ویژه در توان های بالا، باید توجه داشت که اگر بازدهی به طور مثال 90% باشد، از 10% تلفات حدودا 5% آن مربوط به حرارت تولیدی است که باید آن را به طریقی دفع کرد. این عمل غالبا توسط فن ها صورت می گیرد که انرژی شان را از بلوک تغذیه کمکی می گیرند. به طور خلاصه عملکرد سیستم بدین صورت است که در لحظه ی اول بلوک تغذیه کمکی روشن می شود و متعاقبا فن ها روشن می شوند. پس از چرخش درست فن ها تغذیه به بخش کنترل اعمال می شود. بخش کنترل پس از دریافت تغذیه، با مشاهده عدم وجود ولتاژ خروجی یک پالس به بخش سویچینگ اعمال کرده تا Tr های سویچینگ روشن شوند و قدرت انتقال یابد، در این حالت چنان چه بار زیاد شود (باری که جریان زیاد می کشد)، منبع زیر بار نمی ماند و حتی با اتصال کوتاه کردن خروجی، هم بخش کنترل وهم ترانس هیچ پالسی به خروجی نمی دهند.

تنها مشکل باقی مانده در این سیستم به ویژه در انواع توان زیاد (بالا) آن این است، که وقتی ترانزیستور سویچینگ کار می کند، هارمونی هایی بوجود می آید که واحد RFI قادر به حذف آن نیست. این هارمونی ها در ورودی تغذیه موجب دریافت توان راکتیو زیادی می شوند که مطلوب نیست. برای رفع این مشکل از واحد تصحیح ضریب قدرت (PFC) استفاده می شود. این واحد اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان را صفر می کند. در اصل PFC هارمونی اصلی ولتاژ (جریان) را با جریان (ولتاژ) اصلی هم فاز می کند.

واحد های حفاظتی اضافه: در عمل نیاز به چند واحد کنترلی دیگر جهت حفاظت بیشتر داریم که در زیر تعدادی از آن ها را بررسی می کنیم.

1- کنترل حرارتی: در این حالت ترموستات بر روی گرماگیر ها قرار می گیرد که با خط ورودی منبع تغذیه سری می شود. چنانچه گرما زیاد شود، ترموستات عمل کرده و کل سیستم با قطع برق ورودی قطع می شود. بدیهی است که مجدداً با وصل برق ورودی سیستم روشن می شود.

2- واحد حفاظت در برابر کاهش ولتاژ: اگر ولتاژ برق شهر کم شود، چون توان خروجی منابع اغلب ثابت است، جریان عبوری از ترانزیستورهای سویچینگ زیاد شده و T_r ها صدمه می بینند، لذا این بخش را برای پیشگیری در سیستم قرار می دهند.

بلوک دیاگرام تکمیلی منابع تغذیه سویچینگ به صورت زیر است:

