Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

برای کاهش سطح ولتاژ AC و تبدیل آن به ولتاژ DC مورد نیاز مدارات الکترونیکی روش های مختلفی مانند استفاده از ترانسفورماتور های کاهنده و پل دیود یا استفاده از منابع تغذیه سویچینگ وجود دارد .

در برخی از مدارات به دلیل محدودیت فضا یا به جهت کاهش هزینه ی نهایی محصول امکان استفاده از این مدارات وجود ندارد ، زیرا منابع تغذیه سویچینگ یا ترانسفورماتور علاوه بر قیمت بالا ، فضای نسبتا زیادی را اشغال میکنند .

برای رفع چنین مشکلاتی میتوانیم از منابع تغذیه بدون ترانسفورماتور (Transformerless power supplies) استفاده کنیم منابع تغذیه بدون ترانسفوماتور دارای قیمت بسیار کمتری نسبت به منابع تغذیه ترانسفورماتوری یا منابع تغذیه سویچینگ دارند و قیمت آنها در مقایسه با این منابع بسیار کمتر میباشد . این منابع در سه دسته مقاومتی ، خازنی و رگولاتور ولتاژ بالا طراحی و استفاده میشوند .

هشدار

در هنگام تست ، استفاده ، بررسی و... این منابع ؛ مستقیما با برق شهر سروکار خواهید داشت . عدم اگاهی از نحوه ی عملکرد این منابع و عدم رعایت نکات ایمنی میتواند منجر به بر ق گرفتگی یا بروز حوادثی مانند سوختن قطعات ، اتش سوزی و... شود .

این منابع تغذیه فقط برای تغذیه مدارات خطی ، نظیر میکروکنترلر ها ، لامپ های LED ، شارژر های باطر ی و... باید استفاده شوند . (مداراتی که فاقد المان های کلید زنی هستند و جریان مصرفی آنها تقریبا ثابت است).

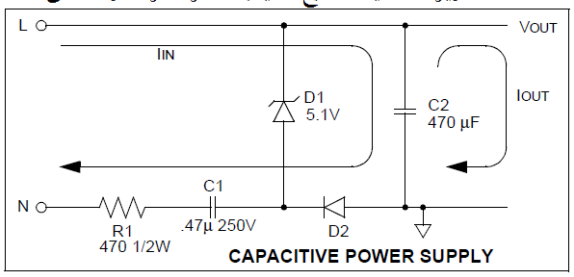
در مداراتی که از این منابع برای تامین تغذیه آنها استفاده میشود جدا سازی (ایزولاسیون) ورودی / خروجی ها امکان پذیر نمیباشد .

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور خازنی :

تصویر یک منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور خازنی در شکل ۱ نمایش داده شده است ؛ در این مدار ولتاژ دو سر بار تا زمانی که جریان خروجی (Iout) کوچکتر یا مساوی با جریان ورودی (Iin) باشد ، ثابت است . جریان ورودی توسط مقاومت R1 و خازن C1 محدود میشود .

تصویر شماره یک : منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور خازنی



در این مدار مقاومت R1 به صورت اختیاری به مدار اضافه شده است ، این مقاومت وظایف زیر را بر عهده دارد :

۱- جریان راه اندازی (inrush current) را محدود میکند ، مقدار مقاومت R1 باید به گونه ای انتخاب شود تا توان آن از توان مجاز بیشتر نشود و همچنین جریان راه اندازی به سادگی بتواند از آن عبور کند .

۲- با قرار دادن مقدار مقاومت مورد نیاز در ورودی ، به مقدار استاندارد می رسد . در ادامه توضیحات بیشتری در این رابطه آورده شده است .

در این مدار رابطه ی زیر باید همیشه برقرار باشد :

$$I_{IN} = \frac{V_{HFRMS}}{X_{C1} + R1} \geq I_{OUT}$$

در این رابطه XC1 مقدار راکتانس خازنی C1 و VHFRMS ولتاژ rms (موثر) یکسوساز نیم موج است. درستی رابطه بالا اولین شرط برای عمل کرد صحیح این منبع است .

$$V_{HFRMS} = \frac{V_{PEAK} - V_Z}{2} = \frac{\sqrt{2}V_{RMS} - V_Z}{2}$$

در این رابطه VPEAK مقدار ولتاژ نامی ورودی (۱۱۰ یا ۲۲۰ ولت) و VZ ولتاژ شکست دیود زنر میباشد .

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi fC1}$$

در این رابطه فرکانس میتواند ۵۰ یا ۶۰ هرتز باشد .

با جایگذاری فرمول های بالا ، در فرمول اصلی به رابطه ی زیر خواهیم رسید :

$$I_{IN} = \frac{\sqrt{2}V_{RMS} - V_Z}{2\left(\frac{1}{2\pi fC1} + R1\right)}$$

مثال ۱ :

برای تغذیه یک میکروکنترلر به یک منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور ۴,۵ ولتی با جریان ۱۰ میلی آمپر نیاز داریم ، مقادیر قطعات را محاسبه کنید ؛ ولتاژ ورودی ۱۱۰ ولت با فرکانس ۶۰ هرتز میباشد؟

در این مدار ولتاژ ۰,۶ ولت بر روی دیود D2 افت میکند ، محاسبه ولتاژ شکست دیود زنر :

Vout=4.5v=>Vz=Vout+Vd2=5.1V

در همین مدار میتوانستیم دیود D1 را قبل از دیود زنر قرار دهیم ، در این حالت Vout=Vz میشود ، اما :

Edited with the trial version of PDFPro
To remove this notice, visit www.pdfpro.co

با بروز خطا در دیود زنر ، مقاومت یا خازن ،این دیود نیز میسوزد .

باید دیودی با جریان بالاتر انتخاب کنیم ، تا جریان راه اندازی و جریان RMS ورودی بتواند از آن عبور کند .

برای بدست آوردن خازن ، با در نظر گرفتن R1=0 مقدار خازن را محاسبه میکنیم ، در این حالت باید جریان متوسط(DC) ورودی را به جریان موثر تبدیل (Irms) تبدیل کرده و مقدارش را در فرمول زیر لحاظ کنیم :

$$Iin = \frac{\sqrt{2}\,Vrms - VZ}{2(XC+R1)} => 0.01 = \frac{(\sqrt{2}*110)-5.1}{2(XC+0)} =>$$

$$XC = \frac{150.46}{0.01*2} =>XC+R1=7523(R1=0)$$

$$XC = \frac{1}{2\pi FC} => C = \frac{1}{2\pi F.XC} => C = \frac{1}{6.28*60*7523} = 0.352uF$$

همانطور که میدانید خازن 0.352 میکروفاراد در بازار وجود ندارد ، پس ما باید بزرگترین مقدار نزدیک به این خازن را انتخاب کرده و مقدار XC را مجددا محاسبه کنیم ، در جدول زیر مقادیر استاندارد خازن های سطح ولتاژ ۲۵۰ و ۴۰۰ و ۶۸۰ ولت AC آورده شده است :

این خازن ها در بازار با نام خازن میکا شناخته میشوند

No	uF	No	uF
103K	0.01	153K	0.015
473K	0.047	683K	0.068
224K	0.22	334K	0.33
105K	1	155	1.5
475	4.7	685	6.8
223K	0.022	333K	0.033
104K	0.1	154K	0.15
474K	0.47	684K	0.68
225K	2.2	335K	3.3
106	10		

بهترین خازن ، برای این مدار خازن با شماره 474 یا ظرفیت 0.47 میکروفاراد میباشد ، با لحاظ کردن ۲۰ درصد خطا یا تلرانس یا کاهش ظرفیت و ... برای این خازن ، مجددا مقدار XC را محاسبه میکنیم :

C=0.47*0.8=0.38

$$XC = \frac{1}{2\pi FC} = \frac{1}{6.28*60*3.8*10^{-7}} = 6984$$

اکنون میتوانیم مقدار R1 را محاسبه کنیم :

XC+R1=7523 (R1=0)=>XC=**۶۹۸۴**,R1=539

برای R1 باید کوچکترین مقدار استاندارد نزدیک به آن را استفاده کنیم (۴۷۰ اهم)

در صورتی که مقدار خازن تا ۲۰ درصد افزایش پیدا کند و مقدار مقاومت تا ۱۰ درصد کم شود ، باز هم جریان خروجی به سادگی تامین میشود ، در این حالت جریان خروجی میتواند تا ۱۶ میلی آمپر افزایش یابد .

برای محاسبه خازن خروجی C2 باید حداکثر ریپل مجاز خروجی منبع را مشخص کنیم ، در صورتی که حداکثر ریپل مجاز برای میکروکنترلر برابر با ۵۰۰ میلی ولت باشد ، مقدار خازن C2 برابر خواهد بود با :

Vripple=Iout/(F*C2)

برای یکسوساز های نیم موج F برابر با فرکانس ورودی و برای یکسوساز های تمام موج F برابر با 2Fin میباشد :

C2=Iout/(F. Vripple) =0.01/(60*0.5)=333Uf

مقدار خازن خروجی را میتوانیم uf470 انتخاب کنیم .

Edited with the trial version of PDFPro
To remove this notice, visit www.pdfpro.co

مثال۲:برای تغذیه یک مدار به یک منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور ۱۲ ولتی با جریان ۵۰ میلی آمپر نیاز داریم ، مقادیر قطعات را محاسبه کنید ؛ ولتاژ ورودی ۲۲۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز میباشد؟

Vout=12v=>Vz=Vout+Vd2=12.6v

$$Iin = \frac{\sqrt{2}\,\text{Vrms}-VZ}{2(XC+R1)} => 0.05 = \frac{(\sqrt{2}*220)-12.6}{2(XC+0)} =>$$

$$XC = \frac{298.5}{0.05*2} =>XC+R1=2985.3(R1=0)$$

$$C=\frac{1}{2\pi F.XC} =>C=\frac{1}{6.28*50*2985.2} = 1.066uF$$

بزرگترین مقدار نزدیک به این خازن را انتخاب کرده و مقدار XC را مجددا محاسبه کنیم (c=1.5Uf):

C=۱,۵*0.8=۱,۲

$$XC = \frac{1}{2\pi FC}=\frac{1}{6.28*50*1.2*10\text{^}-6} = 2654$$

اکنون میتوانیم مقدار R1 را محاسبه کنیم :

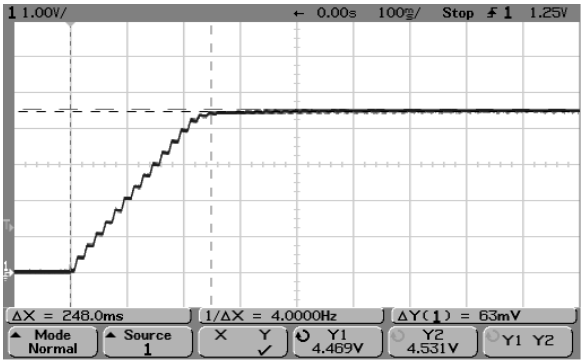
XC+R1=۲۹۸۵,۳ (R1=0)=>XC=۲۶۵۴,R1=۳۳۱

برای R1 باید کوچکترین مقدار استاندارد نزدیک به آن را استفاده کنیم (۳۳۰ اهم) . در صورتی که ریپل ولتاژ خروجی ۱۰۰ میلی ولت باشد ، مقدار c2 برابر خواهد بود با :

C2=Iout/(F. Vripple) =0.05/(50*0.1)=10000Uf

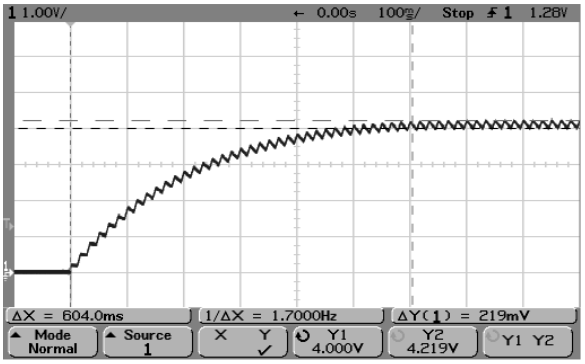
همانطور که مشاهده میکنید خازن خروجی به میزان قابل توجه افزایش یافت ، در این حالت میتوان نتیجه گرفت که میزان کنترل ریپل در این نوع منبع محدود بوده و نمیتوان از خروجی آن توقع یک شکل موج کاملا dc را داشت .

تصویر زیر شکل موج خروجی منبع تغذیه ۴,۵ ولتی (مثال یک)با یک بار ۱۰ کیلو اهمی را نمایش میدهد :



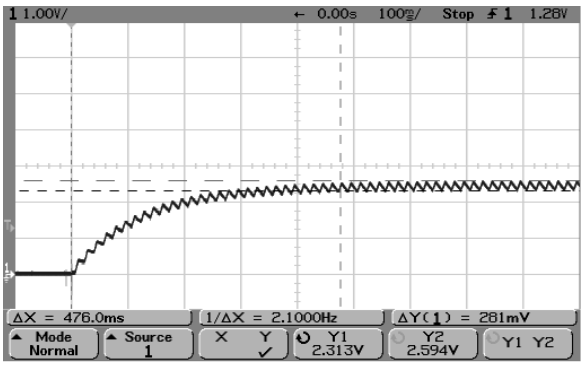
با اتصال مقاومت ۱۰ کیلو اهمی ، جریان ۴۵۰ میکروآمپر از خروجی دریافت خواهد شد ؛ در این حالت بعد از گذشت ۲۸۰ میلی ثانیه ولتاژ خروجی به ۴,۵ ولت خواهد رسید .

در صورتی که مقاومت بار را به ۵۰۰ اهم کاهش دهیم ، جریان خروجی به ۹ میلی آمپر در ولتاژ ۴,۵ ولت افزایش خواهد یافت ؛ در این حالت ۶۸۰ میلی ثانیه طول میکشد تا ولتاژ از صفر به ۴,۵ ولت برسد ، زیرا جریان خروجی علاوه بر شارژ خازن ، از بار نیز عبور میکند . با افزایش جریان ، مقدار ریپل افزایش یافته و متوسط ولتاژ خروجی برابر با ۴,۱ ولت خواهد شد :



Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

با کاهش مقاومت به ۲۷۰ اهم ، منبع باید جریان ۱۶ میلی آمپر را به بار بدهد . اما به دلیل محدودیت قطعات ، امکان تامین این جریان وجود نداشته و ولتاژ خروجی افت میکند :



همانطور که متوجه شدید :

استفاده از این منابع برای مدارات میکروکنترلری که باید با سرعت بالا روشن شوند ، مناسب نیست

برای پایداری خروجی این منابع حداقل به ۳۰۰ میلی ثانیه زمان نیاز است .

استفاده از ولتاژ خروجی این منابع به عنوان ولتاژ مرجع برای کاربرد های نظیر تبدیل آنالوگ به دیجیتال و... به هیچ عنوان پیشنهاد نمیشود .

ملاحضات مربوط به توان قطعات :

با توجه به راندمان پایین این منابع و اتلاف توان در آنها به صورت گرما ، باید از قطعات با توان مناسب در مدار استفاده شود ، در ادامه توان قطعات محاسبه شده است .

توان R1 :

توان R1 در مثال شماره یک ، برابر است با :

PR1=R1.I^2=R1.(Vrms/XC)^2

$$XC = \frac{1}{2\pi FC} = \frac{1}{6.28*60*(1.2*0.47*10^{-6})} = 4705.54$$

PR1= *21.3^2*(470*1.1)=0.23W*

در این رابطه ، خازن C1 و مقاومت R1 به ترتیب ۲۰ و ۱۰ درصد بزرگتر در فرمول لحاظ شده اند تا خطاهای موجود در مقدار آنها ، در آینده مشکلی ایجاد نکند .

حداقل توان R1 برابر با ۰,۲۳ وات میباشد ، برای تبادل حرارتی بهتر ما باید از یک مقاومت 0.5 وات استفاده کنیم (همیشه باید توان را ۲ برابر در نظر بگیریم)

توان C1 :

خازن های میکا ، بر حسب ظرفیتشان ، در ابعاد مناسب تولید میشوند و بر اساس ولتاژ کاری در سه ولتاژ ۲۵۰ و ۴۰۰ و ۶۸۰ ولت دسته بندی میشوند . در این مدار باید نزدیک ترین ولتاژ بزرگتر به ولتاژ ورودی را انتخاب کنیم ، ما میتوانیم از یک خازن ۲۵۰ ولتی استفاده کنیم .

توان دیود D1 :

بیشترین جریان عبوری از دیود D1 زمانی است که باری در خروجی وجود نداشته باشد ، در این حالت :

PD1=I.V=0.0213*5.1=0.089W

با دو برابر کردن توان ، به ¼ وات میرسیم ، در صورت عدم وجود زنر با این توان در بازار می توانیم از دیود زنر ½ وات استفاده کنیم .

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

توان و شماره D2 :

مقدار حداکثر جریان دیود D2 در مثال شماره یک برابر با ۱۶ میلی آمپر گردید ، در صورتی که حداکثر افت ولتاژ روی D2 برابر با ۰,۷ فرض شود ، مقدار توان آن برابر میشود با :

PD2=I.V=0.016*0.7=0.0112

با دو برابر کردن این مقدار ، میتوانیم از یک دیود 1/8 وات استفاده کنیم . معمولا دیود ها دارای افت ولتاژ ثابت ۰,۶ بوده و بر حسب دو پارامتر جریان قابل تحمل عبوری و حداکثر ولتاژ معکوس قابل تحمل (PIV) دسته بندی می شوند ، در جدول زیر این سه مشخصه برای دیود های سری 1N4XXX آورده شده است :

diode	PIV	I	Vf
1N 4001	50V	1A	0.6 v
1N 4002	100 V	1A	0.6 v
1N 4003	200 V	1A	0.6 v
1N 4004	400 V	1A	0.6 v
1N 4005	600 V	1A	0.6 v
1N 4007	1000 V	1A	0.6 v

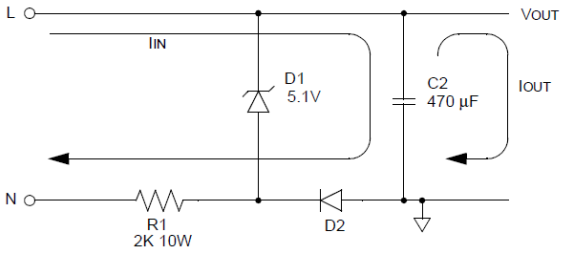
ما میتوانیم بدون توجه به فرمول از یک دیود 1N4001 استفاده کنیم .

اندازه خازن C2 :

ظرفیت خازن C2 قبلا محاسبه شد ، در این بخش باید ولتاژ این خازن ۲ برابر ولتاژ خروجی انتخاب شود ، که میتوانیم از یک خازن ۱۶ ولتی استفاده کنیم .

منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور مقاومتی :

مدار یک منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور مقاومتی ، در زیر نمایش داده شده است :



مزیت و عیب اصلی این منبع تغذیه در مقایسه با منبع تغذیه خازنی ،به ترتیب ثابت بودن ولتاژ خروجی آن تا زمانی که Iout≤Iin است و توان بالای مقاومت R1 (بالای ۵ وات) میباشد .

در این مدار شرط زیر باید همیشه برقرار باشد :

$$I_{IN} = \frac{V_{HFRMS}}{R1} \geq I_{OUT}$$

در این رابطه VHFRMS ولتاژ موثر نیم سکیل از موج سینوسی AC میباشد و از رابطه ی زیر محاسبه میشود :

$$V_{HFRMS} = \frac{V_{PEAK} - V_Z}{2} = \frac{\sqrt{2}V_{RMS} - V_Z}{2}$$

در این رابطه VPEAK مقدار ولتاژ نامی ورودی (۱۱۰ یا ۲۲۰ ولت) و VZ ولتاژ شکست دیود زنر میباشد.

با قرار دادن رابطه دوم در رابطه اول ، به فرمول زیر خواهیم رسید :

$$I_{IN} = \frac{\sqrt{2}V_{RMS} - V_Z}{2R1}$$

Edited with the trial version of PDFPro
To remove this notice, visit www.pdfpro.co

در این رابطه ، کمترین مقدار In باید برای محاسبه قطعات و بیشتر مقدار آن برای بدست آوردن توان آنها لحاظ شود . در ادامه با یک مثال ، این مطلب بیشتر توضیح داده شده است .

مثال :مقادیر قطعات برای یک منبع تغذیه با ولتاژ ورودی ۱۱۰ ولت و ولتاز خروجی ۴,۵ ولت ۳۵ میلی آمپر را محاسبه کنید .

Vout=4.5v=>Vz=Vout+Vd2=5.1V

$$Iin = \frac{\sqrt{2}\,\mathrm{Vrms} - VZ}{2.R1} => 0.035 = \frac{(\sqrt{2}*110)-5.1}{2R1} =>$$

$$R1 = \frac{(\sqrt{2}*110)-5.1}{2(0.035)} = 2.149R$$

برای R1 ما باید نزدیکترین مقاومت کوچک به مقدار محاسبه را انتخاب کنیم ، مقاومت ۲ کیلو اهم انتخاب خوبی خواهد بود . (همیشه باید سعی شود ، اختلاف مقاومت انتخابی با مقاومت محاسبه شده بیشتر از ۱۰ درصد نشود .)

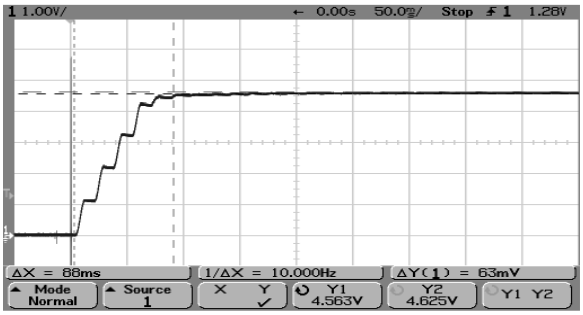
در صورتی که مقادیر قطعات دارای تلرانس ۱۰ درصد باشند ، حداکثر جریان خروجی ۴۵,۸ میلی آمپر خواهد بود .

Assume maximum value of VRMS. Assume minimum value of Vz and R.

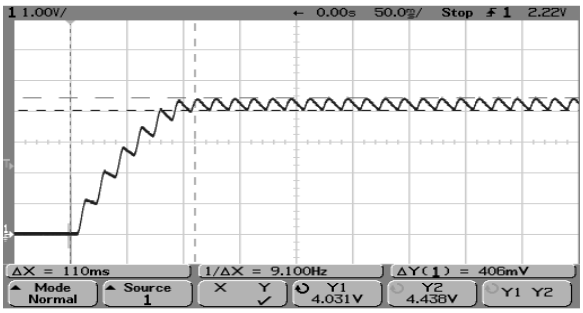
- VRMS = 120 VAC
- Vz = 5V
- R = R1 = 2 kΩ x 0.9 = 1.8 kΩ (assuming ±10% resistor)

IINMIN = 45.8 mA

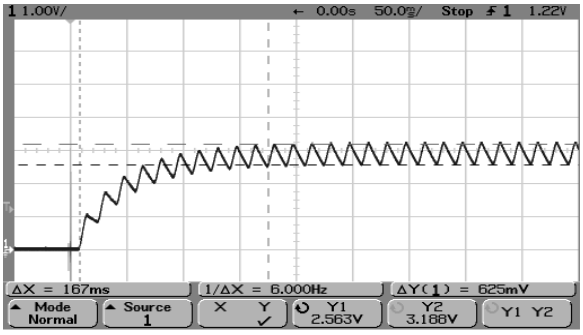
برای تست سرعت عملکرد این منبع ، مانند منبع تغذیه خازنی ، در خروجی آن بار های مختلفی را قرار میدهیم ، برای شروع بار ۱۰ کیلو اهم را در خروجی قرار میدهیم ؛ در این حالت جریان خروجی برابر با ۴۵۰ میکرو آمپر میشود و تقریبا ۱۰۰ میلی ثانیه طول میکشد تا ولتاژ خروجی از صفر به ۴,۵ ولت برسد :



با کاهش دادن مقاومت بار به ۲۷۰ اهم ، جریان خروجی برابر با ۱۶ میلی آمپر میشود ، در این حالت تقریبا ۱۵۰ میلی ثانیه طول میکشد تا خروجی از صفر به ۴,۵ ولت برسد ، همانطور که مشاهده میکنید میزان ریپل خروجی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است :



با کاهش مقاومت بار به ۱۰۰ اهم ، جریان منبع باید به ۴۵ میلی آمپر افزایش یابد ، اما به دلیل محدودیت جریان دهی مقاومت ، ولتاژ خروجی افت میکند :



Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

ملاحضات مربوط به توان قطعات :

با توجه به راندمان پایین این منابع و اتلاف توان در آنها به صورت گرما ، باید از قطعات با توان مناسب در مدار استفاده شود ، در ادامه توان قطعات محاسبه شده است.

توان مقاومت R1 :

$$PR1=R.I^2=\frac{V^2}{R}=\frac{120^2}{2000*0.9}=8W$$

در این رابطه مقدار ولتاژ ورودی ۱۰درصد بیشتر و مقدار R1 ده درصد کمتر ، لحاظ شده است ، تا نوسانات ولتاژ ، تلرانس R1 و... باعث سوختن R1 نشود . از یک مقاومت 2 کیلو اهم ۱۰ وات میتوانیم به عنوان R1 استفاده کنیم (مقاومت ها در توان های استاندارد 1/8 و ¼ و½ و 1 و 2و 5 و10 وات تولید و به بازار عرضه میشوند .)

توان دیود D1 :

بیشترین جریان عبوری از دیود D1 زمانی است که باری در خروجی وجود نداشته باشد ، در این حالت :

$$PD1=I.V=VZ\frac{Vrms}{R1}=5.1(\frac{120}{2000*0.9})=0.34w$$

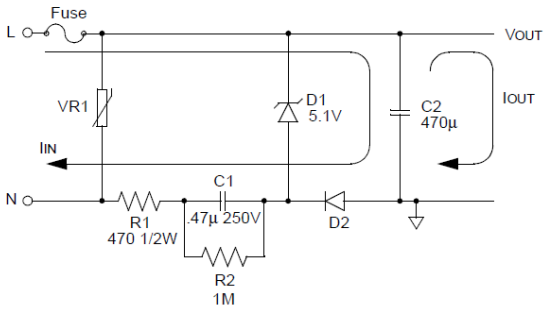
با دو برابر کردن توان ، به ۰,۶۸ وات میرسیم ، در این حالت میتوانیم از یک دیود زنر یک وات استفاده کنیم .

اندازه خازن C2 و D2:

محاسبات این دو قطعه ، مشابه با محاسبات C2 و D2 در منبع تغذیه بدون ترانسفوماتور خازنی میباشد .

سایر ملاحظات طراحی (ایمنی ، ابعاد و...)

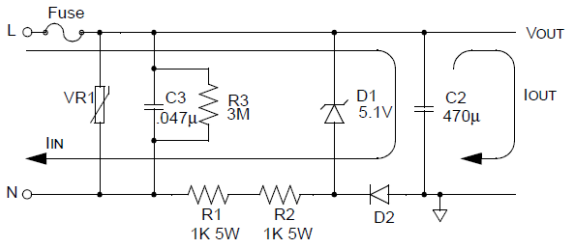
مواردی که تا اینجا به بررسی آنها پرداختیم ، نکات و مطالب مربوط به طراحی مدارات الکترونیکی بودند ، برای عملکرد صحیح و ایمن این منابع باید ، برخی از ملاحضات حفاظتی و ایمنی نیز در آنها لحاظ شود ، این ملاحضات که برخی از انها در ادامه اورده شده است ، از استاندارد های UL (Underwriters Laboratories Inc) و IEC (International Electrotechnical Commission) که شرح کامل آنها در پوشه ی پیوست وجود دارد ، برگفته شده است ، در صورتی که قصد دارید برای دستگاه های خود (که از این منابع در انها استفاده شده است) این استاندارد ها را دریافت کنید ، باید کلیه موارد آورده شده در شرح استاندارد را در طراحی بخش های مختلف دستگاه لحاظ کنید .



همانطور که در تصویر بالا مشاهده میکنید ، به مدار منبع تغذیه خازنی ؛ وریستور VR1 برای حفاظت مدار در برابر اضافه ولتاژ های ناگهانی ، فیوز FUSE برای حفاظت در برابر اضافه جریان و مقاومت R2 که با خازن C1 یک فیلتر EMI را میسازند (تداخل های الکترومغناطیسی را به منبع باز میگرداند) ؛ اضافه شده است . فیوز مورد استفاده در این مدار از نوع کند کار با جریان 2Iin میباشد ، همچنین ولتاژ شکست وریستور باید ۲ برابر ولتاژ نامی ورودی باشد .

Edited with the trial version of PDFPro
To remove this notice, visit www.pdfpro.co

تصویر زیر مدار منبع تغذیه مقاومتی با وجود ملاحضات حفاظتی و ایمنی را نمایش میدهد :



در این مدار نیز مانند منبع تغذیه خازنی ؛ وریستور VR1 برای حفاظت مدار در برابر اضافه ولتاژ های ناگهانی و فیوز FUSE برای حفاظت در برابر اضافه جریان به مدار اضافه شده است .

به جای مقاومت ۲ کیلو اهم ، از دو مقاومت ۱ کیلو اهم سری استفاده شده است ، در این حالت ولتاژ های ناگهانی با دامنه بالا (high voltage transient) از روی عایق مقاومت عبور نخواهد کرد (در فیبر مدار چاپی این مقاومت ها نباید در کنار هم قرار داده شوند و باید پشت سر هم قرار گیرند). همچنین با توجه به کاهش ولتاژ موجود بر روی هر مقاومت (کاهش پتانسیل الکتریکی) امکان ایجاد قوس الکتریکی در مقاومت کاهش خواهد یافت .

مقاومت R3 و خازن C3 یک فیلتر EMI را ایجاد میکنند که نوسانات ناگهانی ولتاژ و تداخلات الکترومغناطیسی (EMI) را به منبع باز میگرداند .

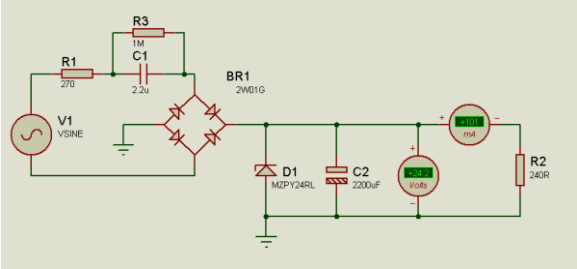
استفاده از پل دیود در منابع :

در هر دو منبع معرفی شده ، میتوانیم به جای دیود D2 از یک پل دیود استفاده کنیم ، در این حالت جریان خروجی منبع میتواند تا ۱۴۱ درصد افزایش یابد ، در این حالت VFLRMS از رابطه ی زیر محاسبه خواهد شد :

$$VFLRMS = \frac{\sqrt{2}VRMS - VZ}{\sqrt{2}}$$

سایر محاسبات مشابه با محاسبات قبلی است .

مثال : یک منبع تغذیه خازنی ۲۴ ولت با جریان ۱۰۰ میلی آمپر وریپل خروجی ۵۰۰ میلی ولت طراحی کنید ، ولتاژ ورودی ۲۳۰ ولت ۵۰ هرتز میباشد .



ولتاژ خروجی ۲۴ ولت است ، پس ولتاژ شکست دیود زنر باید ۲۴ ولت باشد .

$$Iin = \frac{\sqrt{2}\,\mathrm{Vrms} - VZ}{\sqrt{2}\,(XC+R1)} => 0.1 = \frac{(\sqrt{2}*230)-24}{\sqrt{2}\,(XC+0)} =>$$

$$XC = \frac{301.26}{\sqrt{2}*0.1} =>XC+R1=2130.61(R1=0)$$

$$XC = \frac{1}{2\pi FC} => C = \frac{1}{2\pi F.XC} => C = \frac{1}{6.28*50*2130.61} = 1.5uF$$

بزرگترین خازن نزدیک به 1.5uF را انتخاب کرده و

مجددا xc را حساب میکنیم :

C=۲,۲*0.8=۱,۷۶

$$XC = \frac{1}{2\pi FC} = \frac{1}{6.28*50*1.76*10\text{^}-6} = 1809.5$$

Edited with the trial version of PDFPro To remove this notice, visit www.pdfpro.co

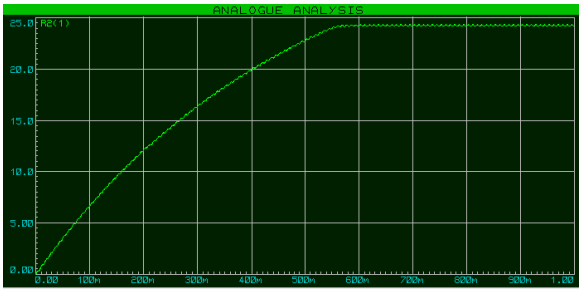
اکنون میتوانیم مقدار R1 را محاسبه کنیم :

XC+R1=2130.61 (R1=0)=>XC=۱۸۰۹,۵,R1=۳۲۱

خازن خروجی :

C2=Iout/(F. Vripple) =0.1/(100*0.5)=2000Uf

در این مدار ، در جریان ۱۰۰ میلی آمپر ، حداقل ۶۰۰ میلی ثانیه طول میکشد تا ولتاژ خروجی از صفر به ۲۴ ولت برسد :



با وجود افزایش جریان خروجی ، باز هم مشکل تاخیر در رسیدن خروجی از صفر به ولتاژ نامی ، وجود دارد .

مزایای منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور با پل دیود :

جریان خروجی ۱,۴۱ برابر از منبع تغذیه با یکسوساز نیم موج بیشتر است .

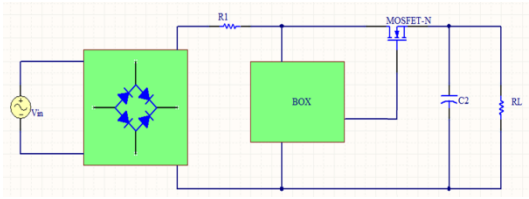
ولتاژ خروجی آن ثابت تر است

رگولاتور های ولتاژ بالا :

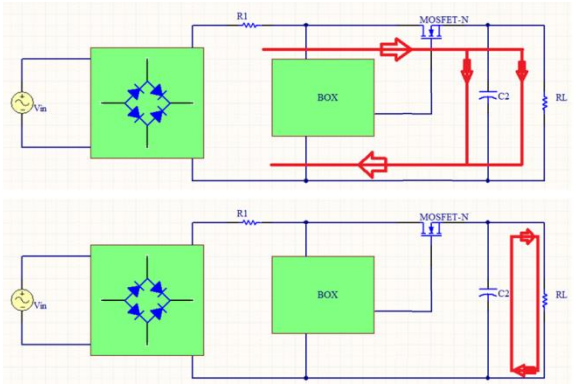
مهمترین مشکل منابع تغذیه بدون ترانسفورماتور خازنی و مقاومتی ، وجود تاخیر در رسیدن ولتاژ خروجی از صفر به ولتاژ نامی بود ، همانطور که مشاهده کردید با افزایش مقدار بار ، این زمان افزایش میابد ؛ در این حالت در مدارتی که باید بعد از اتصال تغذیه ، به سرعت راه اندازی شده و شروع به کار کنند ، استفاده از این منابع تغذیه امکان پذیر نخواهد بود . برای رفع این مشکل در ادامه به معرفی منبع تغذیه دیگری به نام رگولاتور ولتاژ بالا یا منبع تغذیه بدون ترانسفروماتور ترانزیستوری خواهیم پرداخت ، این منبع تغذیه شاید از نظر اقتصادی ، همسطح با منابع تغذیه سویچینگ یا ترانسفوماتوری باشد ، اما اندازه آن بسیار کوچک است و هیچ نویزی در آن تولید نمیشود .

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

تصویر زیر بلوک دیاگرام کلی یک منبع تغذیه بدون ترانسفوماتور ترانزیستوری را نمایش میدهد :



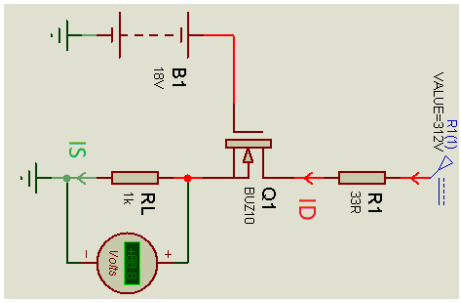
در این مدار ، ولتاژ ورودی بعد از یکسوسازی به ماسفت قدرت اعمال میشود . همانطور که میدانید ماسفت ها میتوانند ولتاژ زیادی را بر روی سورس-درینشان تحمل کنند (۶۰۰ تا ۱۲۰۰ ولت) . با کنترل کردن زمان روشن /خاموش بودن ماسفت می توان میزان ولتاژ خروجی را تعیین کرد :



زمانی که ماسفت روشن باشد ، جریان مورد نیاز بار و شارژ خازن از منبع تامین میشود ، با خاموش شدن ماسفت ، جریان مورد نیاز بار از خازن تامین میشود .

در این حالت میتوان گفت میزان ولتاژ خروجی ، برابر با ولتاژ شارژ خازن ، یا میزان متوسط ولتاژ اعمال شده به خروجی در زمان روشن بودن ماسفت است .

از طرف دیگر ، ماسفت موجود در این منبع تغذیه ، دارای آرایش درین مشترک است ، اما در ناحیه کلید زنی عمل میکند . در آرایش درین مشترک روابط زیر در مدار وجود دارد :



-Vg+Vgs+RL.IS=0

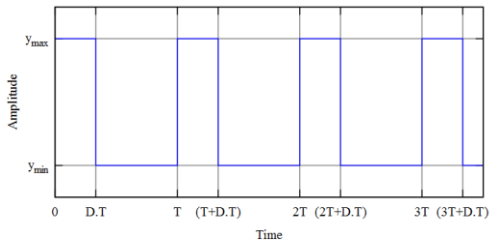
=>Vo=RL.ID=Vg-√(Id/k)+Vto

ادامه روابط در فایل The Common-Drain Amplifier آورده شده است .

با این تفاسیر، ولتاژخروجی تابعی از متوسط ولتاژ اعمالی به گیت-سورس خواهد بود ، زمانی که مسافت روشن است ، جریان Id عبور کرده و ولتاژ به بار میرسد .

ولتاژ متوسط :

در صورتی که یک موج PWM با دوره تکرار F(t) و زمان تناوب t و مقدار منیمم Ymin و مقدار ماکزیمم Ymax داشته باشیم :



به ازای دیوتی سایکل های مختلف D مقدار متوسط ولتاژ خروجی (Y)برابر خواهد بود با :

$$\bar{y} = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)\,dt.$$

$$\bar{y} = \frac{1}{T}\left(\int_0^{DT} y_{max}\,dt + \int_{DT}^{T} y_{min}\,dt\right)$$

$$= \frac{D\cdot T\cdot y_{max} + T\,(1-D)\,y_{min}}{T}$$

$$= D\cdot y_{max} + (1-D)\,y_{min}.$$

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

مثال :

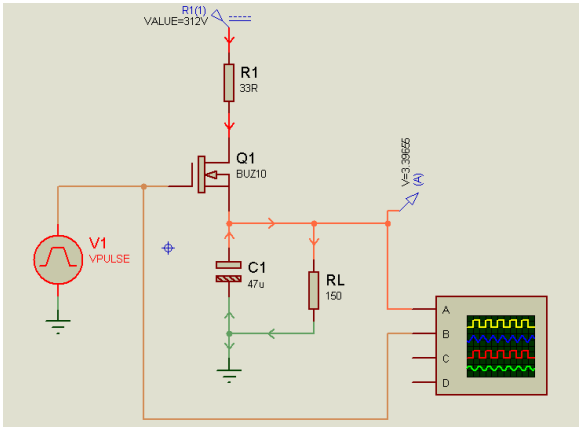
در صورتی که به ماسفت موجود در مدار زیر یک پالس PWM با دیوتی سایکل ۱۰ درصد اعمال شود و حداقل ولتاژ DC ورودی برابر با ۰ ولت (Ymin=0) و حداکثر مقدار آن برابر با ۳۱۲ ولت(Ymax=312) باشد ، متوسط ولتاژ اعمالی به گیت و RL چقدر خواهد بود ؟

$$Vg = \mathrm{D.Ymax} + (1 - \mathrm{D})\mathrm{Ymin} = 0.1 * 15 + 0 = 1.5\mathrm{V}$$

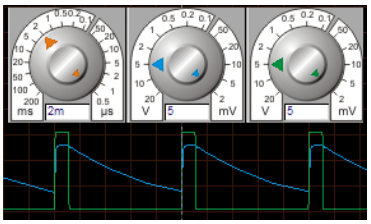
Vo=Vg-Vgs=Vg-√(Id/k)+Vto=1.5-(0.1*2)=1.3V

در رابطه بالا VGS برابر با ۲ ولت در نظر در نظر گرفته شده است ، یا توجه به اینکه ماسفت فقط در ۰,۱ چرخه کاری روشن است ، این ولتاژ باید در ۰,۱ ضرب شود .

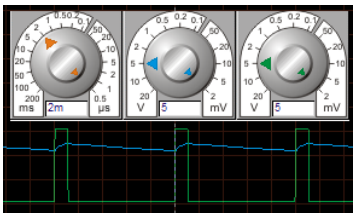
با قرار دادن یک خازن در خروجی و پوشش دادن بخش های خالی شکل موج (۹۰ درصد باقی مانده) ولتاژ خروجی به ۳,۴ ولت افزایش می یابد :



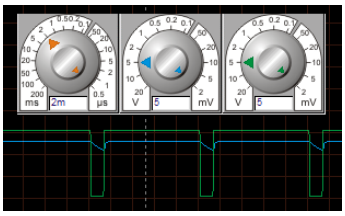
شکل موج خروجی :



با افزایش خازن به ۴۷۰ میکرو فاراد ، ولتاژ خروجی به ۱۰,۵ ولت افزایش پیدا میکند :



در صورتی که مقدار خازن را به ۴۷ میکرو فاراد تغییر دهیم و دیوتی سایکل را به ۸۷ درصد افزایش دهیم ، باز هم مقدار ولتاژ خروجی برابر با ۱۰,۵ ولت میشود :



همانطور که مشاهده میکنید ، مقدار خازن و مقدار دیوتی سایکل رابطه معکوس با یکدیگر دارند ، این دو متغیر دارای مقدار محدود میباشند ، افزایش خازن از حد مجاز منجر به افزایش حجم دستگاه و افزایش جریان راه اندازی میشود ، افزایش دیوتی سایکل از حد مجاز ، باعث بالاتر رفتن توان تلف شده بر روی ماسفت از حد مجاز میشود .

طراحی مدار درایور گیت :

برای طراحی مدار گیت (المان های که قرار است به جای V1 در تصویر سمت راست قرار داده شوند) استاندارد خاصی وجود ندارد و طراح میتواند به روش دلخواه ، مدار را طراحی کند ، در طراحی مدار نکات زیر باید رعایت شود :

۱- مقدار ولتاژ خروجی مدار از ولتاژ مجاز گیت ماسفت بیشتر نشود.

۲- دیوتی سایکل از ۵۰ درصد بیشتر نگردد .

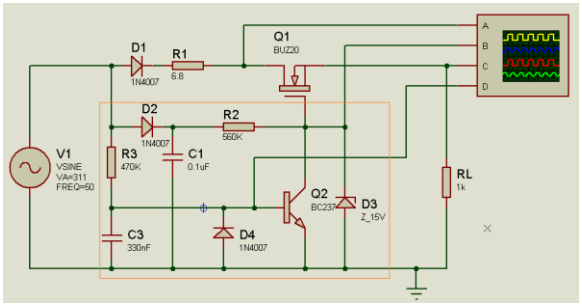
Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

استفاده از ایسی های درایو :

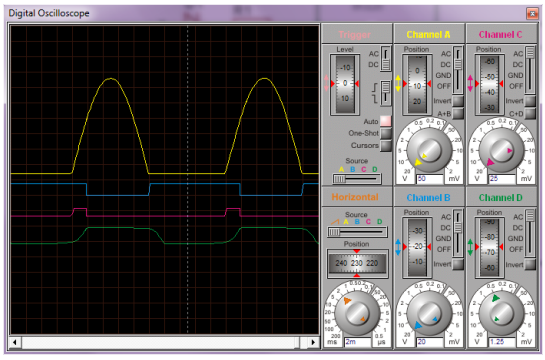
برای این منابع تغذیه ایسی های مختلفی ارائه شده است ، LR645 و ایسی های سری SR03 نمونه های از قطعات هستند ، دیتاشیت این قطعات در فایل پیوست آورده شده است .

استفاده از مدارات آشکار ساز عبور از صفر:

این منابع قرار است به برق شهر متصل میشوند ، با وجود شکل موج سینوسی برق شهر ، میتوان با استفاده از یک مدار شیفت دهنده + محدود کننده ، پالس های مورد نیاز ماسفت را ایجاد کرد : (مدار شماره یک)

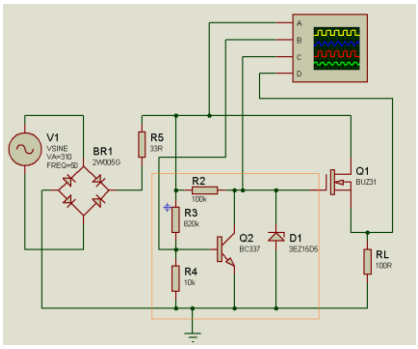


در این مدار ، برای نمایش شکل موج خروجی ، خازن C2 به خروجی متصل نشده است . شکل موج ها :

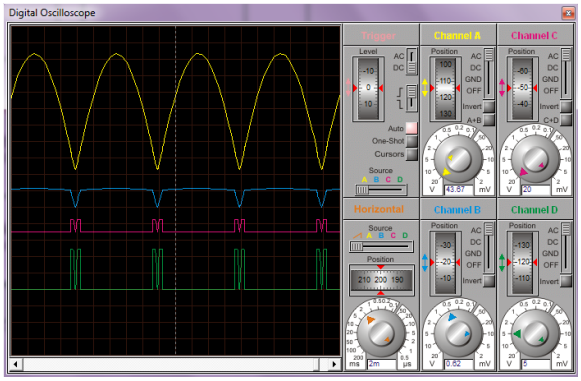


در این مدار R3 و C3 مقدار دیوتی سایکل را تعیین میکنند . حداکثر ولتاژ خروجی این مدار برابر با Vo=Vg-Vgs یا ۱۳ ولت است .

نمونه ی دیگر از مدار تریگر ماسفت : (در این مدار شفت فاز وجود ندارد) (مدار شماره ۲)



در این مدار مقاومت های R3وR4 دیوتی سایکل ولتاژ را تعیین میکنند . شکل موج بخش های مختلف مدار :

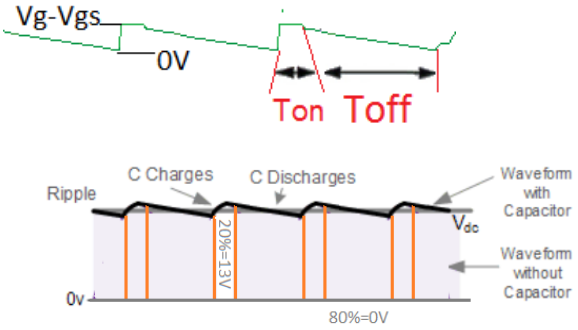


مثال :

یک منبع تغذیه بدون ترانسفورماتور ترانزیستوری با ولتاژ خروجی ۱۲ ولت و جریان ۱۰۰ میلی آمپر طراحی کنید . ولتاژ ورودی ۲۳۰ ولت ۵۰ هرتز بوده و رپیل خروجی باید کمتر از ۰,۵ ولت باشد .

همانطور که قبلا نیز ذکر شد ، اندازه خازن خروجی و دیوتی سایکل با هم رابطه عکس دارند ، همچنین میزان دیوتی سایکل نباید از ۵۰ درصد بیشتر شود . با این تفاسیر با فرض دیوتی سایکل برابر با ۲۰ درصد محاسبات را انجام میدهیم .

Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co



تصویر بالا شکل موج ولتاژ خروجی منبع ، در حالتی که از یک خازن ۲۲۰ میکروفاراد به عنوان صافی استفاده شده است را نمایش میدهد.

در مدار شماره یک ، از شکل موج ورودی برای ایجاد پالس های اعمالی به ماسفت استفاده شده است ، در صورتی که فرکانس ولتاژ ورودی برابر با ۵۰ هرتز باشد ، در هر ۱۰ میلی ثانیه یک پالس که ۲ میلی ثانیه در سطح یک (Ton=2ms) و ۸ میلی ثانیه در سطح صفر (Toff=8ms) قرار دارد ، به ماسفت اعمال میشود .

با توجه به حداکثر رپیل خواسته شده ، مقدار ولتاژ خروجی نباید از ۱۱,۵ ولت کمتر شود ، در این حالت انرژی ذخیره شده در خازن باید در مدت زمان ۸ میلی ثانیه از ۹۶ درصد ماکزیمم کمتر نشود .

با توجه به جریان و ولتاژ مورد نیاز در خروجی مقدار حداقل مقاومت بار برابر خواهد بود با :

R=V/I=12/0.1=120R

$V = V0.e^{-t/RC}$ => $V/V0 = e^{-t/RC}$ =>

$Ln(\frac{V}{V0}) = \ln(e^{-\frac{t}{RC}})$ =>Ln(0.958)=-(0.008/120.c)=>

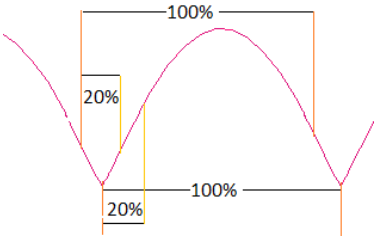
-0.04255=-(0.008/120c)=>

120c=0.008/0. 04255=>c=0.188/120=1566uF

با انتخاب نزدیک ترین مقدار استاندارد C2=2200 میکروفاراد می شود .

همونطور که قبلا نیز ذکر شد ، در مدار شماره دو مقاومت های R3 و R4 مقدار دیوتی سایکل را تعیین میکنند .

در صورتی که حداقل ولتاژ بیس ترانزیستور برای هدایت ۰,۷ ولت باشد ، مقادیر R3و R4 باید بگونه ای انتخاب شوند تا در نقطه ی تعیین شده ، بر روی شکل موج ورودی ، ولتاژ بیس از ۰,۷ کمتر شود .



در این حالت با محاسبه مقدار متوسط ۲۰ درصد ولتاژ ورودی (V=(Ymax*t(%))/2) به سادگی میتوانیم مقدار R3 و R4 را محاسبه کنیم :

V(20%)=Vm.sinα=>

$\alpha=\Pi$/5=180 /5=36

V(20%)=325.sin(36)=191

Vdc(20%)=(191*(0.2))/2=19.1v

Vb=Vin*R2/(R1+R2)

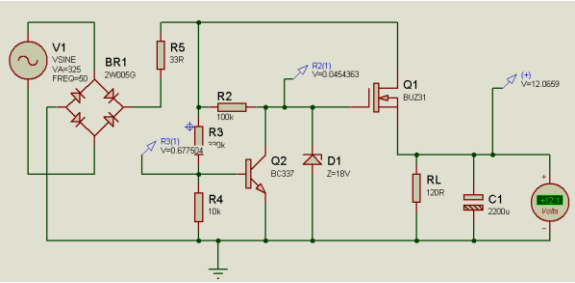
همکنون باید به یکی از مقاومت ها مقدار بدهیم و مقاومت دیگر را محاسبه کنیم ، با فرض R2=10K :

0.7=19.1*10000/(10000+R2)=>R2=262.2K

ما میتوانیم از یک مقاومت ۳۳۰ کیلو استفاده کنیم .

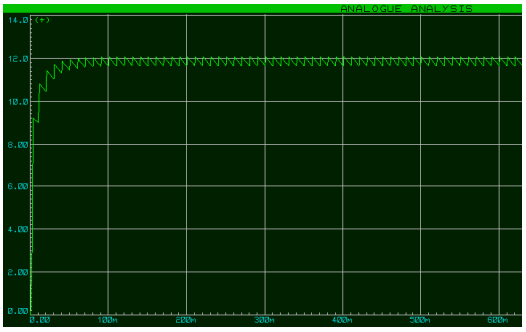
Edited with the trial version of
PDFPro
To remove this notice, visit
www.pdfpro.co

شماتیک مدار :

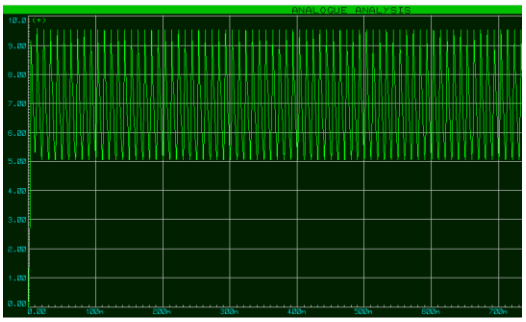


در این مدار نیز باید مانند منابع تغذیه بدون ترانسفورماتور خازنی و مقاومت ، نکات ایمنی و حفاظتی لحاظ شود .

همانطور که مشاهده میکنید ، در این مدار ولتاژ خروجی در کمتر از ۳۰ میلی ثانیه به ۱۲ ولت میرسد :



بدون اتلاف وقت ، مقاومت بار را به ۵ اهم کاهش میدهیم :



همانطور که مشاهده میکنید ، ولتاژ خروجی به ۹,۵ ولت میرسد ، اما رپیل خروجی به ۵ ولت افزایش می یابد . این منبع میتواند برای مدت زمان کوتاهی تا چند برابر جریان نامی خود را به بار بدهد .

Edited with the trial version of PDFPro To remove this notice, visit www.pdfpro.co

ی

www.sbargh.ir

مشکلات و نواقص این مقاله را با من درمیان بگذارید :

1nafar@1nafar.com

با شرکت در بحث زیر ، ما را در بهبود مطالب مقالات و به روز رسانی انها یاری دهید :

http://www.iranmicro.ir/forum/showthread.php?t=10691