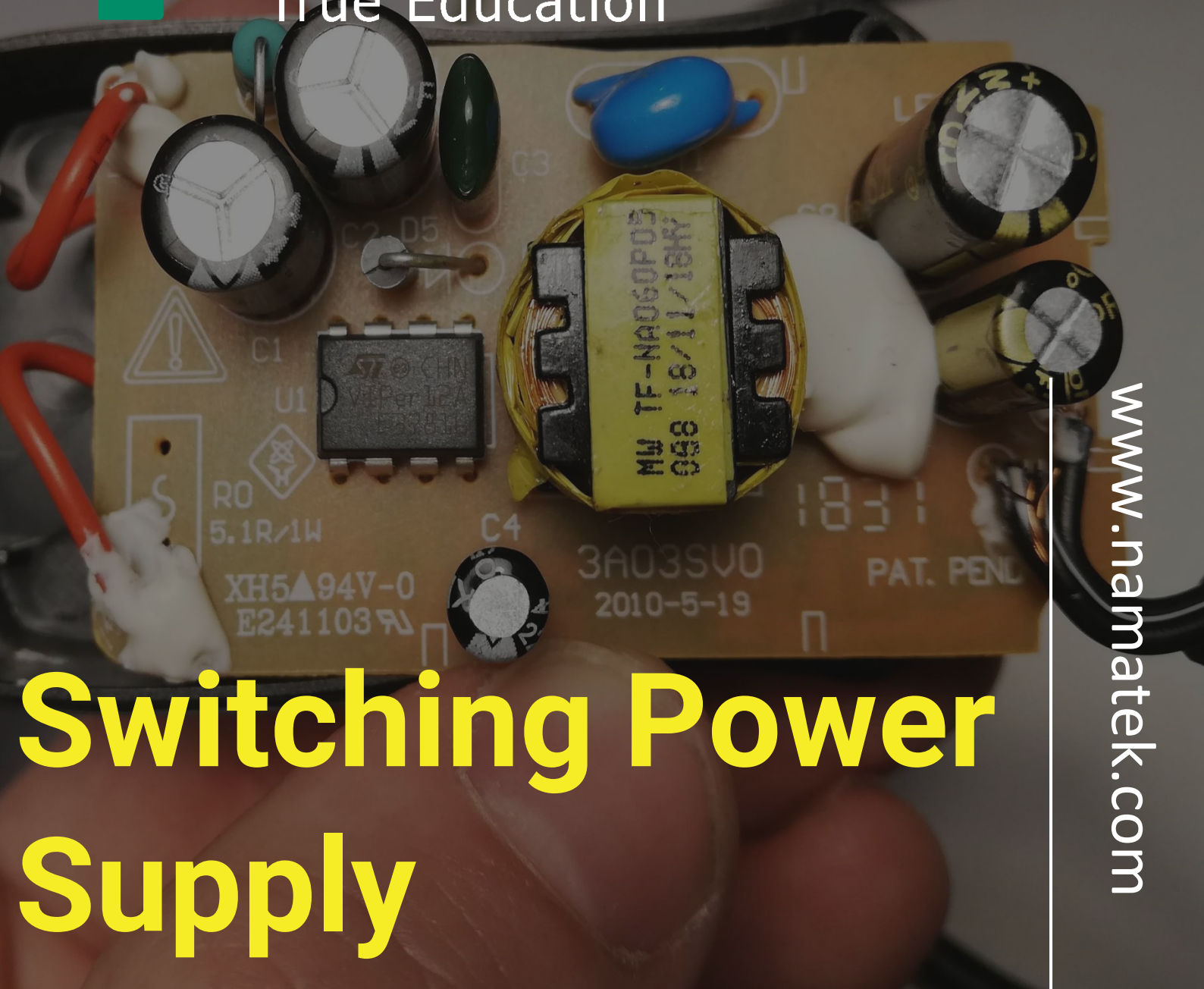




Namatek
True Education



www.namatek.com

Switching Power Supply

منبع تغذیه
سوئیچینگ چیست؟

فهرست مطالب

۱. منبع تغذیه چیست؟
۲. منبع تغذیه سوئیچینگ چیست؟
۳. منبع تغذیه سوئیچینگ چگونه کار می کند؟
۴. انواع منبع تغذیه سوئیچینگ
۵. مزایا و معایب منبع تغذیه سوئیچینگ
۶. کاربرد منبع تغذیه سوئیچینگ (SMPS)

سال‌هاست که منابع تغذیه AC/DC خطی برق متناوب را از شبکه برق به ولتاژ DC برای راه‌اندازی لوازم خانگی یا روشنایی تبدیل می‌کنند. ولی هنگامی که به یک منبع تغذیه با راندمان بالا در اندازه کوچک نیاز باشد، اکثر مردم یک منبع تغذیه سوئیچینگ را به جای منبع تغذیه خطی انتخاب می‌کنند. اما سوال اینجاست که منبع تغذیه سوئیچینگ چیست و چگونه به ما کمک می‌کند؟

منابع تغذیه سوئیچینگ در بازار جدیدتر هستند و از رگولاتورهای سوئیچینگ برای تبدیل توان الکتریکی کارآمد استفاده می‌کنند. این منابع ولتاژ شبکه را به هر خروجی توان بالاتری که مورد نیاز ما است تبدیل می‌کنند و برای استفاده، در اختیار ما می‌گذارند. منابع تغذیه سوئیچینگ یا SMPS در حال تبدیل شدن به یک امکان رایج هستند و در اکثر موارد جایگزین منابع تغذیه خطی AC به DC می‌شوند و به عنوان راهی برای کاهش مصرف برق، کاهش اتلاف گرما و همچنین اندازه و وزن ارائه می‌گردند. برای آشنایی با منبع تغذیه برق و این که منبع تغذیه سوئیچینگ چیست و چه کاربردهایی دارد، با ما همراه باشید.

منبع تغذیه چیست؟



منبع تغذیه دستگاهی الکتریکی است که جریان الکتریکی حاصل از برق AC را به مقدار ولتاژ لازم برای تغذیه بار، مانند یک موتور یا یک دستگاه الکترونیکی، تبدیل می‌کند. دو طرح اصلی برای منابع تغذیه وجود دارد: خطی و منبع تغذیه سوئیچینگ.

- **منبع تغذیه خطی:** طرح‌های منبع تغذیه خطی از یک ترانسفورماتور برای پایین آوردن ولتاژ ورودی استفاده می‌کنند و سپس ولتاژ یکسوشده و به ولتاژ جریان مستقیم تبدیل می‌شود و برای بهبود کیفیت شکل موج فیلتر می‌گردد. منابع تغذیه خطی از تنظیم‌کننده‌های خطی برای حفظ ولتاژ ثابت در خروجی استفاده می‌کنند. این تنظیم‌کننده‌های خطی هر انرژی اضافی را به شکل گرما دفع می‌نمایند.

- **منبع تغذیه سوئیچینگ:** طراحی منبع تغذیه سوئیچینگ روش جدیدی است که برای حل بسیاری از مشکلات مرتبط با طراحی منبع تغذیه خطی، از جمله اندازه ترانسفورماتور و تنظیم ولتاژ، توسعه یافته است.

در طرح‌های منبع تغذیه سوئیچینگ، ولتاژ ورودی تصحیح و فیلتر می‌شود. سپس ولتاژ از طریق یک قطعه‌کن عبور می‌کند که آن را به یک قطار پالس فرکانس بالا تبدیل می‌نماید و قبل از اینکه ولتاژ به خروجی برسد، یک بار دیگر فیلتر و اصلاح می‌شود.

منبع تغذیه سوئیچینگ چیست؟

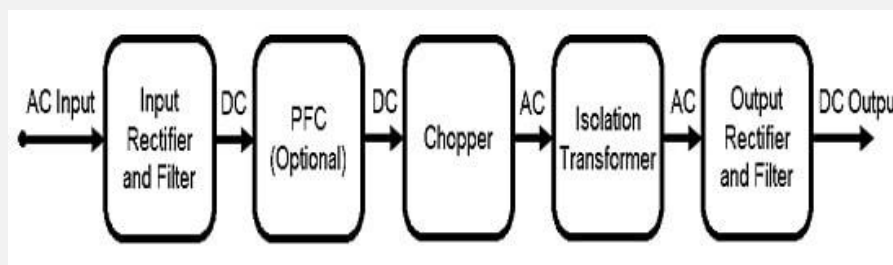


در پاسخ به این سوال که منبع تغذیه سوئیچینگ چیست این‌گونه می‌توان گفت که منبع تغذیه سوئیچینگ یا SMPS که به نام‌های دیگری هم‌چون منبع تغذیه، واحد منبع تغذیه، تنظیم کننده یا سوئیچر منبع تغذیه الکترونیکی شناخته می‌شود، نوعی منبع تغذیه است که از تکنیک‌های سوئیچینگ نیمه هادی به‌جای روش‌های خطی استاندارد برای تامین ولتاژ خروجی موردنیاز استفاده می‌کند. مبدل اصلی سوئیچینگ، از یک مرحله سوئیچینگ قدرت و یک مدار کنترل تشکیل شده است. مرحله سوئیچینگ قدرت، تبدیل توان را از ولتاژ ورودی مدارها، V_{IN} به ولتاژ خروجی آن، V_{OUT} انجام می‌دهد که این قسمت شامل فیلتر خروجی است و عمدتاً برای به‌دست آوردن منبع تغذیه dc کنترل شده به‌عنوان خروجی استفاده

می‌شود. این دستگاه از اجزای ذخیره‌سازی مانند سلف‌ها یا خازن‌ها برای تامین برق زمانی که دستگاه سوئیچینگ در حالت غیررسانایی (حالت خاموش) است استفاده می‌کند و برای تبدیل برق (ولتاژ) از دستگاه‌های سوئیچینگ که به‌طور متناوب در فرکانس‌های بالا روشن و خاموش می‌شوند، استفاده می‌کند. این بدان معناست که هنگامی که ترانزیستور سوئیچینگ کاملاً روشن است و رسانای جریان است، افت ولتاژ در آن در حداقل مقدار خود است و هنگامی که ترانزیستور کاملاً خاموش است، جریانی از آن عبور نمی‌کند. بنابراین ترانزیستور مانند یک کلید ON/OFF ایده آل عمل می‌کند. برخلاف رگولاتورهای خطی که فقط تنظیم ولتاژ پایین را ارائه می‌دهند، منبع تغذیه سوئیچینگ می‌تواند ولتاژ ورودی را با استفاده از یک یا چند مورد از سه توپولوژی مدار حالت کلیدی اصلی کاهش، افزایش و نفی کند.

منبع تغذیه سوئیچینگ چگونه کار می‌کند؟

اگر برای شما هم سوال شده است که روش کار منبع تغذیه سوئیچینگ چیست، باید بگوییم که شکل زیر تبدیل کلی از جریان متناوب (AC) به جریان مستقیم (DC) در منبع تغذیه سوئیچینگ را نشان می‌دهد.

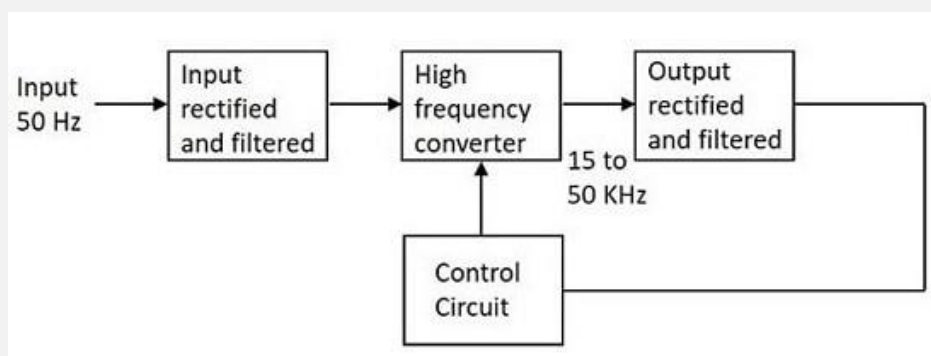


ویژگی برجسته این مدار این است که در فرکانس بالا کار می‌کند. بنابراین، ترانسفورماتور کوچکتری دارد؛ اما ترانسفورماتور مذکور باید از نوع سیستم

سوئیچینگ فرکانس بالا باشد. ورودی و خروجی مدار شامل مدار یکسوکننده و فیلتر است و در خروجی، یک آشکارساز ولتاژ خطا برای تثبیت ولتاژ خروجی وجود دارد.

هنگام طراحی منبع تغذیه سوئیچینگ، جنبه‌های مختلفی همچون ایمنی، عملکرد، اندازه، وزن و غیره وجود دارند که باید در نظر گرفته شوند. مدارهای کنترلی برای منابع تغذیه سوئیچینگ نیز پیچیده‌تر از منابع تغذیه خطی هستند. به همین دلیل است که بسیاری از طراحان، پیاده‌سازی ماژول‌های یکپارچه در منابع تغذیه آن‌ها را مفید می‌دانند. کار و طراحی SMPS به بخش‌ها و مراحل مختلفی تقسیم می‌شود که در ادامه آورده‌ایم.

مرحله ورودی



منبع ورودی AC با فرکانس ۵۰-۶۰ هرتز مستقیماً به مدار یکسوکننده و فیلتر، تغذیه می‌شود. خروجی آن دارای تغییرات زیادی است و مقدار ظرفیت خازن باید به اندازه کافی بالاتر باشد تا بتواند نوسانات ورودی را کنترل کند. در نهایت، dc تنظیم‌نشده به بخش سوئیچینگ مرکزی SMPS داده می‌شود تا آن را تنظیم کند. این بخش حاوی هیچ ترانسفورماتوری برای کاهش ولتاژ ورودی نیست.

بخش سوئیچینگ

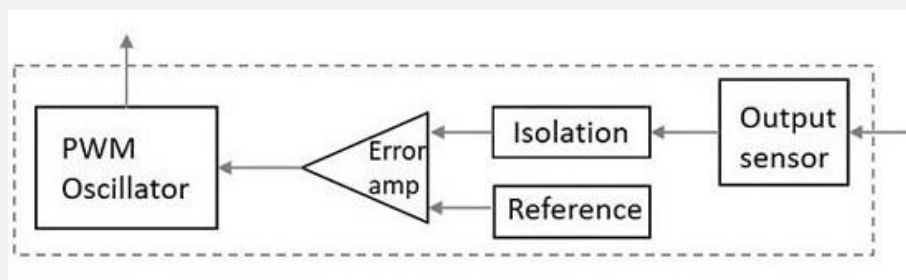
این بخش شامل دستگاه‌های سوئیچینگ سریع مانند ترانزیستور قدرت است که با توجه به تغییرات ولتاژ، روشن و خاموش می‌گردد. خروجی به دست آمده به اولین ترانسفورماتور موجود در این بخش داده می‌شود. ترانسفورماتور مورد استفاده در اینجا یک ترانسفورماتور بسیار کوچک‌تر، سبک‌تر و بسیار موثر است که ولتاژ را کاهش می‌دهد. این روش‌ها در مقایسه با سایر روش‌های گام به گام بسیار کارآمد هستند. بنابراین، نسبت تبدیل توان بالاتر است.

مرحله خروجی

در این بخش خروجی به دست آمده از بخش سوئیچینگ، دوباره اصلاح و فیلتر می‌شود و برای به دست آوردن ولتاژ DC مورد نظر از مدار یکسوسازی و فیلتر استفاده می‌گردد. سپس ولتاژ خروجی تنظیم شده به دست آمده به مدار کنترل داده می‌شود.

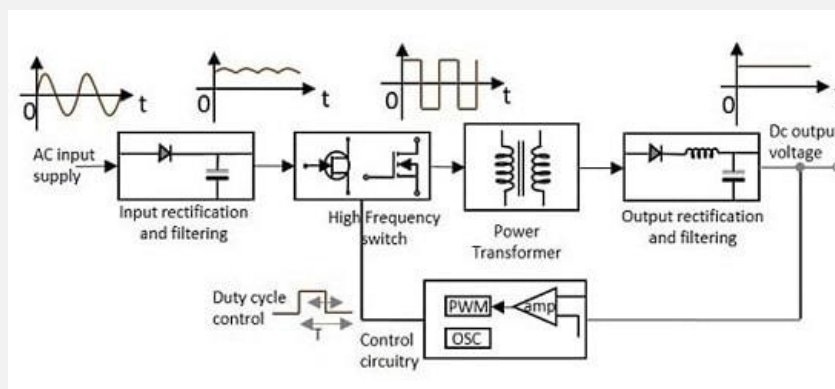
واحد کنترل

این واحد به عنوان یک فیدبک عمل می‌کند که بخش‌های زیادی در آن است. در ادامه مقاله منبع تغذیه سوئیچینگ چیست اطلاعات مختصری در مورد این بخش را ارائه داده‌ایم.

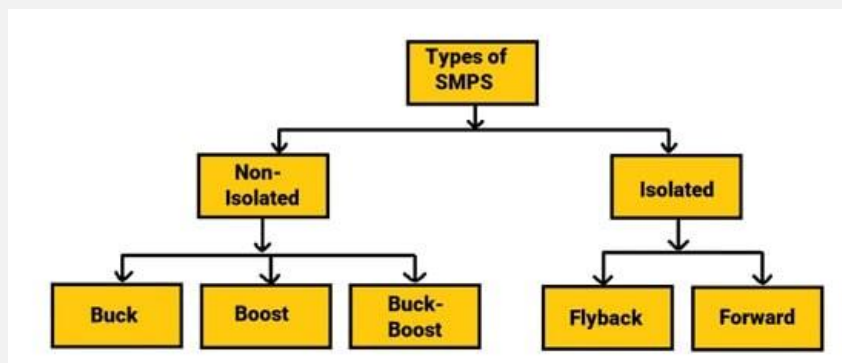


واحد کنترل داخلی از یک نوسان ساز، تقویت کننده و سنسور تشکیل شده است و سنسور، سیگنال خروجی و بازخورد واحد کنترل را دریافت می کند. تمام سیگنال ها از یکدیگر جدا می شوند به طوری که هرگونه ضربه ناگهانی نمی تواند بر مدار تأثیر بگذارد. ولتاژ مرجع به عنوان یک ورودی همراه با سیگنال تقویت کننده خطا به سیستم داده می شود.

تقویت کننده به عنوان مقایسه کننده ای است که سیگنال را با سطح سیگنال مورد نیاز مقایسه می کند. مرحله بعدی کنترل فرکانس خروجی است. سطح ولتاژ نهایی با مقایسه ورودی های داده شده به تقویت کننده خطا، کنترل می شود، تا خروجی آن به تصمیم گیری در مورد افزایش یا کاهش فرکانس برش کمک نماید و نوسان ساز یک موج استاندارد PWM با فرکانس ثابت تولید می کند.



انواع منبع تغذیه سوئیچینگ



غیر ایزوله

مبدل‌های غیر ایزوله بیشتر زمانی استفاده می‌شوند که تغییر ولتاژ نسبتاً کم باشد منابع تغذیه سوئیچینگ غیر ایزوله آن‌هایی هستند که مدارهای ورودی و خروجی آن‌ها از یکدیگر جدا نیستند. عیب اصلی این نوع منبع این است که نمی‌تواند از ولتاژهای الکتریکی بالا محافظت کند و صدای بیشتری ایجاد می‌نمایند.

این نوع مبدل از نظر ساختاری به سه نوع تقسیم می‌شود:

Buck (1)

در یک مبدل کاهنده معمولی غیر ایزوله، ولتاژ خروجی V_{OUT} به ولتاژ ورودی V_{IN} و چرخه وظیفه سوئیچینگ کلید برق بستگی دارد. رگولاتور سوئیچینگ Buck نوعی مدار منبع تغذیه سوئیچینگ است که برای کاهش موثر ولتاژ DC از یک ولتاژ بالاتر به یک ولتاژ پایین‌تر طراحی شده است، یعنی ولتاژ منبع تغذیه را کم می‌کند و در نتیجه ولتاژ موجود در خروجی را کاهش می‌دهد. به عبارت دیگر، رگولاتور سوئیچ باک یک مدار رگولاتور کاهنده است، به عنوان مثال یک مبدل باک می‌تواند مثلاً $+12$ ولت را به $+5$ ولت تبدیل کند. رگولاتور سوئیچینگ باک یک مبدل DC به DC و یکی از ساده‌ترین و محبوب‌ترین انواع رگولاتور سوئیچینگ است. هنگامی که در پیکربندی منبع تغذیه حالت سوئیچ استفاده می‌شود، به طور ایده آل رگولاتور سوئیچ باک از یک ترانزیستور دوقطبی گیت عایق به عنوان دستگاه سوئیچینگ اصلی خود استفاده می‌کند.

Boost (2)

این نوع مبدل برای تقویت ولتاژ استفاده می‌شود و از همان تعداد مؤلفه غیرفعال استفاده می‌کند. مبدل تقویت کننده برای افزایش ولتاژ DC از ولتاژ پایین‌تر به ولتاژ بالاتر طراحی شده است. یعنی ولتاژ تغذیه را اضافه می‌کند. در نتیجه ولتاژ موجود در پایانه‌های خروجی را بدون تغییر قطبیت افزایش می‌دهد. به عبارت دیگر، رگولاتور سوئیچینگ Boost یک مدار رگولاتور استپ‌آپ است، برای مثال یک مبدل تقویت کننده می‌تواند مثلاً +5 ولت را به +12 ولت تبدیل کند. رگولاتور سوئیچینگ باک از یک ترانزیستور سوئیچینگ سری در طراحی اولیه خود استفاده می‌کند، درحالی‌که رگولاتور سوئیچینگ تقویتی این است که از یک ترانزیستور سوئیچینگ متصل موازی برای کنترل ولتاژ خروجی از منبع تغذیه حالت سوئیچ استفاده می‌نماید. از آنجایی که سوئیچ ترانزیستور به‌طور موثر به موازات خروجی متصل می‌شود، انرژی الکتریکی تنها زمانی از طریق سلف به بار عبور می‌کند که ترانزیستور مطابق شکل "OFF" (سوئیچ باز) بایاس شود.

Buck-Boost (3)

رگولاتور سوئیچینگ Buck-Boost ترکیبی از مبدل باک و مبدل تقویت کننده است که یک ولتاژ خروجی معکوس (منفی) تولید می‌کند که می‌تواند براساس چرخه وظیفه، بیشتر یا کمتر از ولتاژ ورودی باشد. مبدل باک بوست نوعی از مدار مبدل تقویت کننده است که در آن مبدل معکوس تنها انرژی ذخیره شده توسط سلف L_1 را به بار تحویل می‌دهد. در این نوع مبدل ولتاژ خروجی با رابطه $V_{OUT} = -V_{IN} * D / (1-D)$ داده می‌شود.

ایزوله

منبع تغذیه سوئیچینگ ایزوله آن‌هایی هستند که بین مدار ورودی و خروجی جداسازی وجود دارد. این منابع از یک ترانسفورماتور برای جدا کردن سوئیچینگ از خروجی استفاده می‌کنند و سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور به‌عنوان عنصر ذخیره انرژی عمل می‌نماید.

۱. **Fly-back**: عملکرد این مبدل مشابه مبدل باک بوست از دسته غیر ایزوله است. تنها تفاوت این است که برای ذخیره انرژی به جای سلف از ترانسفورماتور در مدار استفاده می‌کند.

۲. **مبدل پیشروی**: کار این مبدل این است که از ترانسفورماتور برای ارسال انرژی بین ورودی و خروجی در یک مرحله استفاده می‌نماید.

مزایا و معایب منبع تغذیه سوئیچینگ

برخلاف منبع تغذیه خطی، ترانزیستور عبور منبع تغذیه حالت سوئیچینگ به‌طور مداوم بین حالت‌های کم اتلاف، روشن و کامل خاموش، سوئیچ می‌کند و زمان بسیار کمی را در انتقال اتلاف زیاد صرف می‌نماید که در نتیجه انرژی تلف شده را به حداقل می‌رساند. این راندمان تبدیل توان بالاتر (در حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد)، مزیت مهم منابع تغذیه سوئیچینگ است و این راندمان بالا تولید حرارت ناشی از فعالیت را به‌شدت پایین می‌آورد. این دستگاه ضد تداخل قوی است و طیف وسیعی از خروجی را ارائه می‌دهد.

همچنین، منابع تغذیه سوئیچینگ به‌دلیل اندازه و وزن ترانسفورماتور کوچک‌تر، معمولاً به‌طور قابل توجهی کوچک‌تر و سبک‌تر از منابع خطی

هستند. از سوی دیگر، به دلیل وجود وسایل الکترونیکی مورد نیاز روی PCB، منابع تغذیه سوئیچینگ پیچیده‌تر هستند و در صورت عدم کنترل دقیق می‌توانند باعث ایجاد مشکلات نویز الکتریکی با فرکانس بالا شوند. همچنین دارای ریپل خروجی بالاتری هستند که تنظیم آن رضایت بخش نیست و برای تنظیمات، عمدتاً محدود به تنظیم‌کننده گام به پایین می‌باشند.

کاربرد منبع تغذیه سوئیچینگ (SMPS)



منابع تغذیه سوئیچینگ به‌طور فزاینده‌ای به فناوری بسیار پیشرفته‌تری تبدیل شده‌اند و کاربردهای فراوانی پیدا کرده‌اند و تقریباً در هر چیزی که به منبع تغذیه بسیار کارآمد نیاز دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. از موارد مصرف می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سرورها و رایانه‌های شخصی
- وسایل نقلیه برای شارژ باتری
- کارخانه‌ها و صنایع برای نیرو
- سیستم راه‌آهن، سیستم امنیتی

- موبایل و همچنین نورپردازی
- تقویت‌کننده‌های برق
- درایوهای موتور dc

منابع تغذیه سوئیچینگ (SMPS) نوعی از منابع تغذیه هستند که از سوئیچ‌هایی هم‌چون ترانزیستورها و دیودها برای تبدیل ولتاژ ورودی DC تنظیم‌نشده به یک ولتاژ خروجی DC هموار و پایدار با سطوح مختلف استفاده می‌کنند. این مبدل‌ها برخلاف منابع تغذیه خطی با ذخیره انرژی در سلف‌ها و خازن‌ها و سپس آزاد کردن آن در فرکانس بالا کار می‌کنند. منبع تغذیه سوئیچینگ دارای مزایای بی‌شماری است که آن را به یک انتخاب عاقلانه برای کاربردهای مختلف تبدیل می‌کند. به‌طور خلاصه، این منبع برای کاربردهایی که به اندازه کوچک، راندمان بالا و خروجی کم‌حرارت نیاز دارند، مناسب است. دقت در انتخاب نوع و توان ورودی و خروجی دستگاه بسته به نیاز، امری ضروری به‌نظر می‌رسد.