

# منبع تغذیه سوئیچینگ

Switched-mode power supply



یک منبع تغذیه سوئیچینگ (به انگلیسی: *Switched-mode power supply* (به اختصار *SMPS*)) یا به بیانی ساده، یک *Switcher*، یک منبع تغذیه الکترونیکی است که شامل یک تنظیم کننده جریان برای داشتن کارایی خیلی بالا در هنگام تغییر توان الکتریکی است. مانند سایر منابع تغذیه یک *SMPS*، توان را از یک منبع به یک مقصد (مصرف کننده) همزمان با تغییر مشخصه های ولتاژ و جریان تبدیل می کند. یک منبع تغذیه سوئیچینگ، معمولاً برای تأمین یک ولتاژ منظم و تثبیت شده در خروجی از سطوح مختلف ولتاژ ورودی، به کار گرفته می شود. برخلاف منابع

تغذیه خطی، در این منابع، ترانزیستوری که نقش کلیدی را به عهده دارد، با فرکانسی حدود ۵۰ کیلو هرتز یا بیشتر بین وضعیت قطع و اشباع در نوسان است که این خود سبب کاهش تلفات ترانزیستور می گردد. نسبت ولتاژ خروجی به ورودی را می توان با تغییر نسبت زمان روشن بودن به زمان خاموش بودن ترانزیستور تعیین کرد. در نقطه مقابل، در یک منبع تغذیه خطی برای دستیابی به ولتاژ دلخواه باید قسمتی از ولتاژ ورودی روی ترانزیستور افت کرده و تلف شود. بازده بالا مزیت اصلی یک منبع تغذیه سوئیچینگ است. هنگامی که بازده بالاتر، ابعاد کوچکتر و وزن کمتر مد نظر باشد، منابع تغذیه سوئیچینگ جایگزین منابع تغذیه خطی می شوند. منابع تغذیه سوئیچینگ پیچیده تر هستند و اگر جریان ورودی به آنها به خوبی فیلتر نشود، می تواند نویز ایجاد کند.

یک رگولاتور خطی با تلف کردن توان اضافی به شکل حرارت قادر است ولتاژ یا جریان خروجی را تنظیم کند. بنابراین حداکثر بازده توان آن برابر است با نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی. در یک منبع تغذیه سوئیچینگ ولتاژ یا جریان از طریق سوئیچ کردن یک المان ذخیره کننده انرژی مثل سلف یا خازن تنظیم می شود. المان های سوئیچینگ آرمانی (ایده آل) (مثل ترانزیستوری که در خارج از ناحیه فعال کار می کند) در حالت بسته مقاومتی نداشته و در حالت باز هم جریانی از آنها عبور نمی کند. بنابراین این دسته از منابع تغذیه به لحاظ نظری می توانند بازده ۱۰۰ درصد داشته باشند. این یعنی اینکه تمامی توان ورودی به بار منتقل می شود و هیچ کسری از آن از طریق گرما هدر نمی رود.

## مزایا و معایب

مهمترین مزیت یک منبع تغذیه سوئیچینگ بازده بالای آن است. از آنجایی که ترانزیستور سوئیچینگ فقط در ناحیه قطع و اشباع کار می کند (در حالت قطع جریان عبوری از آن ناچیز بوده و در حالت اشباع هم افت ولتاژ روی آن کم است) بنابراین توان مصرفی آن ناچیز است که این سبب بالا رفتن بازده منبع تغذیه می گردد. سایر مزایای آن عبارتند از حجم و وزن کمتر (به دلیل حذف ترانسفورماتور فرکانس پایین که وزن بالایی دارد) و گرمای ایجاد شده کمتر (به دلیل بازده بالاتر). معایب آن عبارتند از پیچیدگی زیاد و امکان تداخل الکترومغناطیسی و همچنین ایجاد موجک (ریپل) در فرکانس سوئیچینگ و هماهنگ های آن. نوع ارزان قیمت این گونه منابع می تواند نویز الکتریکی حاصل از سوئیچینگ را وارد شبکه برق شهری نماید که این سبب بروز تداخل با سایر دستگاه های صوتی و تصویری که به همان فاز وصل شده اند، می گردد. منابع تغذیه سوئیچینگ فاقد تصحیح ضریب توان نیز ممکن است اعوجاج هارمونیک ایجاد نمایند.

ملاحظات	منابع تغذیه سوئیچینگ	منابع تغذیه خطی	موارد
	<ul style="list-style-type: none"> <li>در بعضی منابع ممکن است از ترانسفورمر (یا سلف) استفاده شود که البته به دلیل فرکانس کاری بالا، سنگینی و ابعاد ترانسفورمر زیاد نیست.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در منابع با توان بالا هیت‌سینک (گرماگیر) مورد نیاز است که ابعاد منبع را افزایش می‌دهد. استفاده از ترانسفورمرهای فرکانس پایین، به حجم و سنگینی دستگاه می‌افزاید.</li> </ul>	وزن و ابعاد
	<ul style="list-style-type: none"> <li>هیچ گونه محدودیتی در ولتاژ خروجی نداریم. در بیشتر مدارات فقط ولتاژ شکست ترانزیستور می‌تواند محدود کننده باشد. ولتاژ خروجی با بار تغییری نمی‌کند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در صورت استفاده از ترانسفورمر، می‌توان در خروجی به هر ولتاژ دلخواهی دست یافت. در منابع خطی بدون ترانسفورمر ولتاژ خروجی از ورودی بیشتر نخواهد شد. در صورت عدم استفاده از رگولاتور، ولتاژ خروجی با بار تغییر می‌کند.</li> </ul>	ولتاژ خروجی
	<ul style="list-style-type: none"> <li>ولتاژ خروجی از طریق کنترل سیکل وظیفه (<i>Duty Cycle</i>) تنظیم می‌گردد. ترانزیستورها یا کاملاً روشن (حالت اشباع) هستند یا کاملاً خاموش (حالت قطع)، بنابراین تلفات اهمی بین ورودی و بار وجود ندارد. حرارت ایجاد شده ناشی از ویژگی‌های غیرآرمانی اجزای مدار و همچنین جریان حالت دایم مدار کنترل‌کننده می‌باشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در منابع تغذیه دارای رگولاتور، بازده عمدتاً بسته به اختلاف بین ولتاژ ورودی و خروجی است. ولتاژ خروجی از طریق تلف کردن توان اضافی به شکل حرارت، تنظیم می‌گردد که این سبب می‌شود بازده منبع تغذیه به حدود ۳۰ درصد تا ۴۰ درصد محدود شود. در منابع تغذیه فاقد رگولاتور، تلفات مسی و آهنی ترانسفورمر تنها عامل موثر بر کارایی منبع تغذیه است.</li> </ul>	کارایی توان گرمای تلفاتی
	<ul style="list-style-type: none"> <li>تلفات سوئیچینگ در ترانزیستورها (به خصوص در بازه زمانی کوتاهی از هر دوره تناوب که ترانزیستور در حال گذار است)، مقاومت حالت روشن ترانزیستورها، مقاومت معادل سری در سلف‌ها و خازن‌ها، تلفات هسته در سلف‌ها و افت ولتاژ روی دیودها همه و همه سبب می‌گردند که کارایی یک منبع تغذیه سوئیچینگ نوعاً بین ۶۰ درصد تا ۷۰ درصد باشد. با وجود این با یک طراحی بهینه مثلاً استفاده از فرکانس سوئیچینگ بهینه، اجتناب از اشباع سلف‌ها و یکسوسازی فعال، می‌توان به بازده ۹۵ درصد هم رسید.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در این دسته از منابع یک مدار مجتمع کنترل‌کننده، یک یا چند ترانزیستور و دیود قدرت، یک ترانسفورمر قدرت و چندین سلف و خازن پالاینده (فیلتر) وجود دارند. طراحی این دسته از منابع دارای پیچیدگی‌هایی است که در منابع تغذیه خطی نظیر آن را نمی‌توان یافت.</li> </ul>	پیچیدگی
	<ul style="list-style-type: none"> <li>در منابع تغذیه سوئیچینگ با یک ترانسفورمر می‌توان در خروجی چندین ولتاژ بدست آورد. یکی از این ولتاژهای خروجی باید برای رگولاسیون ولتاژ حلقه فیدبک استفاده شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>یک منبع تغذیه خطی تنظیم نشده می‌تواند صرفاً از یک دیود و یک خازن تشکیل شود. در منابع تنظیم شده یک مدار گسسته یا مجتمع برای تنظیم کردن ولتاژ خروجی وجود دارد. این مدار (و همچنین معیار پایداری حلقه فیدبک آن) نسبت به منابع تغذیه سوئیچینگ، پیچیدگی کمتری دارد.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>به این دلیل که جریان بطور ناگهانی قطع و وصل می‌شود، این دسته از منابع مستعد ایجاد تداخل فرکانس رادیویی و الکترومغناطیسی می‌باشند. لذا برای کاهش تداخل باید از پالایه‌های یا فیلترهای تداخل الکترومغناطیسی و همچنین حفاظ‌های فرکانس رادیویی بهره جست.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در بار زیاد، دیودهای یکسوساز ممکن است تداخل فرکانس بالای ناچیزی ایجاد کنند. در کابل‌های فاقد حفاظ (شیلد) هوم القا می‌کنند که می‌تواند در فرکانس صوتی مشکل ساز باشد.</li> </ul>	تداخل فرکانس رادیویی

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ به کمک خازن‌ها و سایر مدارات پالاینده (فیلترینگ) می‌توان نویز را حذف نمود. در منابع تغذیه سوئیچینگ می‌توان با انتخاب فرکانس سوئیچینگ، نویز را از محدوده فرکانس کاری دستگاه دور نگه داشت. مثلاً در دستگاه‌های صوتی می‌توان فرکانس سوئیچینگ را بالاتر از محدوده شنوایی انتخاب نمود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ فرکانس سوئیچینگ سبب می‌شود که اینگونه منابع نویز بیشتری ایجاد کنند. در صورتی که خروجی فیلتر نشود، می‌تواند در مدارات صوتی ایجاد نویز نموده و در مدارات دیجیتال نیز نوسانات ناخواسته ایجاد نماید.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ در منابع تغذیه تنظیم نشده یک موجک (ریپل) با فرکانس دو برابر برق شهری (۱۰۰ هرتز یا ۱۲۰ هرتز) روی مولفه جریان مستقیم سوار خواهد شد. این موجک می‌تواند در دستگاه‌های صوتی ایجاد هوم نموده و در دوربین‌های امنیتی سبب نوسان در شدت روشنایی تصویر یا اعوجاج شود.</li> </ul>	<p><b>نویز الکترونیکی در ترمینال‌های خروجی</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ در صورت استفاده از یک فیلتر تداخل الکترومغناطیسی بین پل دیودی و ترمینال‌های ورودی، می‌توان از ایجاد نویز پیشگیری کرد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ منابع تغذیه سوئیچینگ ارزان قیمت می‌تواند نویز الکتریکی حاصل از سوئیچینگ وارد شبکه برق شهری نماید که این سبب بروز تداخل با سایر دستگاه‌های صوتی و تصویری که به همان فاز وصل شده‌اند، می‌گردد. منابع تغذیه سوئیچینگ فاقد تصحیح ضریب توان نیز ممکن است اعوجاج هارمونیک ایجاد نمایند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ می‌تواند اعوجاج هارمونیک ایجاد نماید ولی نویز فرکانس بالای آن ناچیز است.</li> </ul>	<p><b>نویز الکترونیکی در ترمینال‌های ورودی</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ در بعضی از منابع تغذیه سوئیچینگ در حالت بدون بار فرکانس کاری ممکن است در محدوده شنوایی انسان قرار گیرد و در نتیجه برای کسانی که مشکل هایپراکوسیس دارند، قابل شنیدن باشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ معمولاً برای انسان قابل شنیدن نیست مگر اینکه منبع تغذیه دارای فن باشد، درست کار نکند یا اینکه فرکانس سوئیچینگ در محدوده قابل شنیدن باشد یا لایه‌های سیم‌پیچ‌ها در یکی از زیر هارمونیک‌های فرکانس کاری شروع به لرزش کند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ هوم بسیار ضعیفی ایجاد می‌کنند که عامل آن لرزش لایه‌های سیم پیچ ترانسفورمر می‌باشد.</li> </ul>	<p><b>نویز آکوستیک</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ در منابع تغذیه سوئیچینگ تصحیح ضریب توان فعال یا غیرفعال می‌تواند این مشکل را حل نموده و حتی در بعضی از کشورهای اروپایی این کار الزامی است. در یک منبع تغذیه خطی، مقاومت داخلی یک ترانسفورمر معمولاً حداکثر جریان را در هر تناوب محدود نموده و به این ترتیب می‌توان عنوان کرد که ضریب توان آن از یک منبع تغذیه سوئیچینگ بهتر است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ از اعداد خیلی پایین تا متوسط در تغییر است زیرا در یک منبع تغذیه سوئیچینگ فاقد تصحیح ضریب توان، جریان در قله ولتاژ سینوسی از خط کشیده می‌شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ در منابع تغذیه دارای رگولاتور ضریب توان پایین است زیرا جریان در قله (پیک) ولتاژ سینوسی از خط کشیده می‌شود.</li> </ul>	<p><b>ضریب توان</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ خازن‌های پالاینده (فیلتر) خالی در ابتدای کار برای پر شدن جریان زیادی می‌کشند که بسیار بیشتر از جریان حالت عادی منبع می‌باشد این امر به اجزایی از مدار که در معرض این جریان هجومی قرار دارند، فشار وارد نموده و انتخاب فیوز مناسب را مشکل می‌کند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ جریان هجومی فوق العاده بالاست و فقط توسط امپدانس ورودی منبع تغذیه و مقاومت‌های سری با خازن محدود می‌گردد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ در یک منبع تغذیه خطی در لحظه اتصال به برق شهری تا هنگامی که شار مغناطیسی ترانسفورمر به یک حد پایدار برسد و خازن‌ها کاملاً شارژ شوند، جریان هجومی بالا است.</li> </ul>	<p><b>جریان هجومی وارده به منبع</b></p>

<p>▪ بنابر مقررات مربوط به تداخل الکترومغناطیسی و فرکانس رادیویی، بیشتر منابع تغذیه سوئیچینگ در ورودی خود قبل از پل دیودی، دارای مدار فیلتر تداخل الکترومغناطیسی بوده که از تعدادی خازن و سلف تشکیل شده است. دو خازن که یکی به فاز و دیگری به نول وصل است به هم سری شده‌اند. سر وسط برای اتصال به زمین در نظر گرفته شده است. این یک تقسیم ولتاژ خازنی ایجاد می‌کند که خط مرجع دستگاه را به ولتاژی برابر نصف برق شهر متصل می‌کند. امپدانس بالای این خط در کاربر یک حالت گزش خفیف ایجاد می‌کند و می‌توان از آن برای راه‌اندازی یک نمایشگر خطای زمین استفاده کرد.</p>	<p>▪ خط مرجع و بدنه دستگاه به ولتاژی برابر نصف ولتاژ برق شهر اما با امپدانس بالا متصل شده است مگر اینکه بدنه به زمین وصل شده باشد یا اینکه در ورودی منبع، فیلتر تداخل الکترومغناطیسی موجود نباشد.</p>	<p>▪ در منابع تغذیه دارای ترانسفورمر امکان زمین کردن بدنه و هسته ترانسفورمر وجود دارد. چنانچه عایق بین سیم‌پیچی اولیه و ثانویه از بین برود، خطر برق گرفتگی وجود دارد که البته با طراحی صحیح می‌توان جلو آنرا گرفت. منابع تغذیه خطی بدون ترانسفورمر ذاتاً خطرناک هستند. در منابع تغذیه خطی و سوئیچینگ باید ولتاژ ورودی و گاهی خروجی را ایزوله نمود.</p>	<p>خطر برق گرفتگی</p>
<p>▪ ولتاژ شناور توسط خازن‌هایی ایجاد می‌شود که اولیه و ثانویه منبع تغذیه سوئیچینگ را به هم وصل می‌کنند. چنانچه ثانویه به زمین وصل شود، یک جریان لحظه‌ای و بالقوه مخرب از این خازن عبور خواهد کرد.</p>	<p>▪ ممکن است به علت خرابی دستگاه، ولتاژ خروجی زیاد شود. فشار بر خازن‌ها می‌تواند سبب ترکیدن آنها شود. در برخی موارد ولتاژ شناور می‌تواند به طبقه ورودی آمپلی‌فایرها آسیب برساند.</p>	<p>▪ بسیار پایین است مگر اینکه بین سیم‌پیچی اولیه و ثانویه اتصال کوتاه پیش بیاید یا اینکه رگولاتور خراب شود.</p>	<p>خطر آسیب به تجهیزات</p>

## منابع و مأخذ

- Basso, Christophe (2008), Switch-Mode Power Supplies: SPICE Simulations and Practical Designs, McGraw-Hill, [ISBN 0071508589](#)
- Brown, Marty (2001), Power Supply Cookbook (2nd ed.), Newnes, [ISBN 0-7506-7329-X](#)
- Erickson, Robert W.; Maksimovic, Dragan (2001), Fundamentals of Power Electronics (Second ed.), [ISBN 0-7923-7270-0](#)
- Liu, Mingliang (2006), Demystifying Switched-Capacitor Circuits, Elsevier, [ISBN 0-7506-7907-7](#)
- Luo, Fang Lin; Ye, Hong (2004), Advanced DC/DC Converters, CRC Press, [ISBN 0-8493-1956-0](#)
- Luo, Fang Lin; Ye, Hong; Rashid, Muhammad H. (2005), Power Digital Power Electronics and Applications, Elsevier, [ISBN 0-12-088757-6](#)
- Maniktala, Sanjaya (2004), Switching Power Supply Design and Optimization, McGraw-Hill, [ISBN 0071434836](#)
- Maniktala, Sanjaya (2006), Switching Power Supplies A to Z, Newnes/Elsevier, [ISBN 0750679700](#)
- Maniktala, Sanjaya (2007), Troubleshooting Switching Power Converters: A Hands-on Guide, Newnes/Elsevier, [ISBN 0750684216](#)
- Mohan, Ned; Undeland, Tore M.; Robbins, William P. (2002), Power Electronics : Converters, Applications, and Design, Wiley, [ISBN 0-471-22693-9](#)
- Nelson, Carl (1986), [LT1070 design Manual AN19](#), Linear Technology Application Note giving an extensive introduction in Buck, Boost, CUK, Inverter applications. (download as PDF from [http://www.linear.com/designtools/app\\_notes.php](http://www.linear.com/designtools/app_notes.php))
- Pressman, Abraham I.; Billings, Keith; Morey, Taylor (2009), Switching Power Supply Design (Third ed.), McGraw-Hill, [ISBN 0-07-148272-5](#)
- Rashid, Muhammad H. (2003), Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications, Prentice Hall, [ISBN 0-13-122815-3](#)
- B.D.S Electronic Company. (2002), Switching Power Supply Design and Applications, Bahman Eli, <http://www.bdselectronic.com/>
- Wikipedia (the free encyclopedia that anyone can edit.) [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Switched-mode\\_power\\_supply&oldid=430551714](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Switched-mode_power_supply&oldid=430551714)