انتخاب سلف مناسب برای مبدل کاهنده ولتاژ سوئیچینگ(BUCK CONVERTER)

تاریخ انتشار۳ شهریور, ۱۴۰۲ توسط سید حسین سلطانی

سلام خدمت همه شما مایکروالکامی ها. در مطلب قبلی از نکات طراحی PCB به نحوه چینش سلف رگولاتور سوئیچینگ در PCB پرداخته شد. در این مطلب به نکات انتخاب سلف برای منبع یا رگولاتور کاهنده ولتاژ سوئیچینگ (Buck Converter) پرداخته خواهد شد. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتونید سایر مطالب من رو از این لینک مطالعه و بررسی کنید.

مقدمه

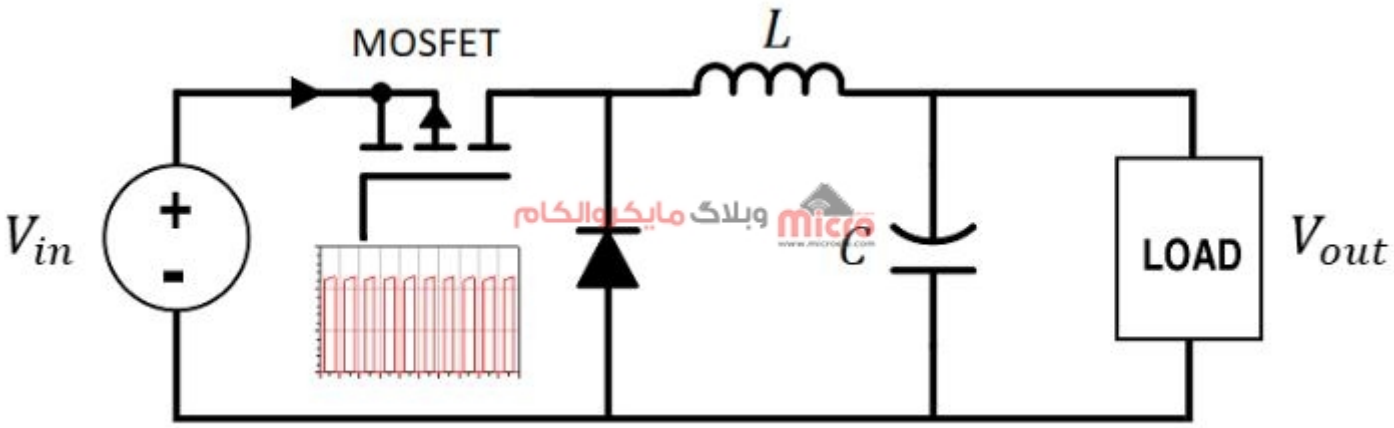
منابع تغذیه سوئیچینگ یا به اختصار SMPS از جمله دستگاه هایی هستند که باعث فعال سازی و راه اندازی سیستم می‌شود. می‌توان گفت این منابع بخش اصلی یک مدار را تشکیل داده و قلب تپنده هر سیستم یا مدار است که بدون آن راه اندازی آن معنایی ندارد. لذا انتخاب قطعات مناسب و اصولی برای آن مهم بوده و باید نکات اصلی را هنگام انتخاب این قطعات رعایت نمود. در این مطلب به مواردی همچون سلف و انتخاب آن در مبدل کاهنده ولتاژ و دلیل مهم بودن زمان صعود (Rise Time) موج PWM پرداخته شده است.

کاهنده ولتاژ یا مبدل باک (Buck Converter)

در بین توپولوژی های منابع DC-DC، مبدل باک کاربرد های زیادی دارد. کاهش ولتاژ ورودی با حفظ راندمان بالا کاربرد اصلی این مبدل است. یکی از اصلی ترین سوالات به هنگام انتخاب قطعات این دست مبدل های ولتاژ، انتخاب سلف است. هدف اصلی این است که با انتخاب صحیح سلف و سایر قطعات در مبدل Buck تلفات توان و حرارت ناشی از آن را کاهش داده و همچنین میزان ریپل خروجی را نیاز تا حد مطلوبی پایین آوریم.

سلف در مبدل های کاهنده ولتاژ (Buck Converter)

ساختار یا توپولوژی اصلی یک مدار مبدل Buck سوئیچینگ Buck در تصویر زیر آمده است. همانطور که در این مدار مشخص است خروجی ماسفت توسط یک موج PWM کنترل می‌شود. در برخی از زمان ها ماسفت خروجی داشته و در سایر زمان ها خروجی 0 است. مدت زمان قطع و وصل بودن خروجی را با پارامتری تحت عنوان دیوتی سایکل در موج PWM کنترل می‌نماییم.



مدار کاهنده ولتاژ (Buck Converter)

سلف و خازن در این مدار نقش کلیدی و مهم در ایجاد جریان ثابت جهت تحویل به بار در هنگام سوئیچ زنی توسط سیگنال PWM را دارند. با این وجود این دیوتی سایکل است که ولتاژ خروجی را تنظیم کرده و ولتاژ خروجی مورد نظر را ایجاد می‌کند.

سلف همان زمانی که PWM در حال ایجاد شدن است کار می‌کند. لذا از همین جهت یکسری ریپل در موج خروجی ایجاد می‌شود. این ریپل را با فیلتر خروجی که از نوع LC مرتبه 2 است حذف خواهیم کرد. با استفاده از یک خازن با ظرفیت بالا و ESR کم و همچنین فرکانس بالا تا حد زیادی می‌توان ریپل ایجادی را محدود و کم کرد.

انتخاب سلف

مقدار مناسب سلف وابسته با ریپل جریان قابل تحمل و همچنین دیوتی سایکل موج PWM (فرکانس سوئیچینگ) است. فرمول زیر جهت محاسبه ولتاژ خروجی است که متناسب با ولتاژ باياس مستقیم دیود، ولتاژ روشن بودن ماسفت و دیوتی سایکل است. با داشتن پارامتر های مطرح شده می‌توان ولتاژ خروجی را محاسبه کرد.

$$V_{out} = D(V_{in} + V_{diode} - V_{MOSFET}) - V_{diode}$$

ولتاژ خروجی مبدل Buck

با در نظر گرفتن این موارد می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که اولا مقدار ظرفیت سلف و فرکانس PWM با ولتاژ ریپل نسب عکس دارند. مثلا هرچه فرکانس سوئیچینگ یا ظرفیت سلف بیشتر باشد، ریپل خروجی کمتر خواهد بود. ثانیا ریپل نیز خود تابع درجه دو از دیوتی سایکل موج PWM است. مقدار تغییرات جریان (ریپل جریان) را در مبدل کاهنده (Buck Converter) از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$\Delta I = \frac{(V_{in} + V_{diode} - V_{MOSFET})(D - D^2)}{L f_{PWM}}$$

جریان ریپل در مبدل کاهنده ولتاژ *(Buck Converter)*

نکته: زمان صعود موج PWM در هیچ کدام از این فرمول ها لحاظ نشده است. با این وجود این زمان مهم بوده و در نویز منتشر شده از منبع و تلفات آن نقش دارد. نتایج این امر را می‌توان بطور خلاصه به شرح زیر بیان کرد.

- افزایش دیوتی سایکل موجب کاهش ریپل شده اما باعث افزایش ولتاژ خروجی (تا نزدیکی ولتاژ ورودی) نیز خواهد شد.
- افزایش فرکانس سوئیچینگ باعث کاهش ریپل شده اما باعث افزایش تلفات حرارتی در ماسفت خواهد شد. یادآور می‌شود که استفاده از موج PWM با لبه سریع تلفات ناشی از افزایش فرکانس PWM را کاهش خواهد داد.
- اعمال ولتاژ ورودی بیشتر منوط به استفاده از سلف بزرگتر جهت کاهش ریپل خروجی است. بطور کلی سلف بزرگتر باعث کاهش بیشتر ریپل خواهد شد.

زمان صعود (Rise Time) در موج PWM

از سلف برای ایجاد و دفع همزمان ریپل در جریان استفاده می‌شود. با این وجود برخی از موارد مهم دیگر هست که سلف قادر به کنترل آن نیست. بعنوان مثال:

- نویز EMI منتشر شده از قطعات سوئیچینگ: این نویز سوئیچینگ از ترانزیستور می‌تواند باعث بروز و القا نویز در سایر مدارت نیز شود.
- تلفات حرارتی ناشی از اثر پوستی: این مورد ناشی از هندسه ساختار خود سلف بوده و از مقدار ظرفیت (اندوکتانس) آن نیست. اگر سلف دارای سطح مقطع بزرگتر و رسانایی حرارتی بیشتر باشد، سلف می‌تواند حرارت ایجاد شده را با سرعت بیشتری دفع نماید.
- تلفات حرارتی در ترانزیستور: هنگام فرآیند سوئیچینگ و رگولاسیون مقدار زیادی از حرارت ایجادی از بین خواهد رفت. با این حال استفاده از لبه های تیز تر (زمان صعود سریع تر) تلفات حرارتی را دفع کرده زیرا ماسفت کاملا بین نوسان PWM خاموش می‌شود.

این منابع نویز مطرح شده به فرکانس سوئیچینگ و زمان Rise Time موج PWM بستگی دارند. اگر بدون تغییر دیوتی

سایکل، فرکانس سوئیچینگ را افزایش دهیم معمولا باعث تلفات بیشتر توان بصورت حرارت در ماسفت خواهد شد. در مقابل استفاده از زمان صعود بیشتر، خطر بیشتری نسبت به فرکانس بالا در القا نویز در مدارت پایین دستی و تلفات حرارت ناشی از اثر پوستی را دارد.

نتیجه گیری

در این مطلب به بیان نکات مهم انتخاب سلف در مدار کاهنده ولتاژ سوئیچینگ (Buck Converter) پرداخته شد. همانطور که بیان شد خازن خروجی باید دارای ظرفیت بالا و البته مقدار ESR کم باشد تا از ریپل خروجی کاسته و ولتاژ صاف تری تحویل دهد. البته باید گفت در دیتاشیت رگولاتور سوئیچینگ محدوده سلف و خازن مورد نیاز بیان خواهد شد. چرا که افزایش بیش از حد سلف می‌تواند کارایی مدار را کم کند.

امیدوارم از این مطلب کمال بهره را برده باشید. در صورت داشتن هرگونه نظر یا سوال درباره این مطلب یا تجربه مشابه اون رو در انتهای همین صفحه در قسمت دیدگاه ها قرار بدید. در کوتاه ترین زمان ممکن به اون ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون مفید بود، اون رو به اشتراک بگذارید تا سایر دوستان هم بتوانند استفاده کنند. همینطور میتونید این مطلب را توی اینستاگرام با هشتگ #microelecom به اشتراک بگذارید و پیج مایکروالکام (@microelecom) رو هم منشن کنید.