



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: کنترل

عنوان:

طراحی و ساخت مبدل باک بوست و کنترل

ولتاژ خروجی آن با میکروکنترلر AVR

استاد راهنما: دکتر فرشاد مریخ بیات

نگارش: یاسر پورقره خان

بهمن ۹۵

تشکر و قدردانی
با سپاس فراوان از راهنمایی‌ها و زحمات استاد محترم و گراندقدر جناب آقای دکتر فرشاد مریخ بیات که
با راهنمایی‌های خود مرا در انجام پروژه و همچنین نگارش این اثر یاری نمودند.

محصل آموخته هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانی‌شان آرام بخش آلام زمینی‌ام است.

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پر مهر پدرم. به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم. که هرچه آموختم
در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.
امروز هستی‌ام به امید شمامست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما. گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به
خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگی‌تان را بزداید.

بوسه بر دستان پرمهرتان

فهرست مطالب

فصل اول	۱
مقدمه	۲
چگونگی عملکرد رگولاتورهای سوئیچینگ	۲
انواع رگولاتورها	۳
مزایای رگولاتورهای خطی	۳
معایب رگولاتورهای خطی	۳
مزایای منابع سوئیچینگ	۳
معایب منابع سوئیچینگ	۳
انواع مختلف منبع تغذیه سوئیچینگ	۴
عناصر اصلی منابع سوئیچینگ	۴
سوئیچ قدرت	۵
القاگر	۵
خازن	۵
یکسوکننده	۵
رگولاتور سوئیچینگ حالت فوروارد	۶
نحوه ی عملکرد مدار	۶
رگولاتور سوئیچینگ حالت فلای بک	۷
نحوه عملکرد مدار	۷
انواع رگولاتورهای سوئیچینگ	۸
۱- رگولاتور سوئیچینگ با ترانسفورمر ایزوله کننده	۸
۲- رگولاتورهای سوئیچینگ فاقد ترانسفورماتور ایزوله کننده	۸
رگولاتور باک (Buck)	۸
رگولاتور بوست (Boost)	۱۰
بررسی اجمالی	۱۰
رگولاتور باک بوست (Buck-Boost)	۱۱
توپولوژی معکوس	۱۱
مروری مفهومی	۱۲
فصل دوم	۱۵
شبیه سازی مدل حلقه باز	۱۶
شبیه سازی مدل حلقه بسته	۱۹

فصل سوم	۲۳
کنترل کننده PID	۲۴
ترم تناسبی کنترل کننده	۲۴
ترم انتگرال گیر	۲۵
ترم مشتق گیر	۲۵
تشریح مراحل محاسبه کنترل کننده	۲۶
فصل چهارم	۳۳
قطعات استفاده شده	۳۴
نواحی کار ترانزیستور	۳۴
تلفات ماسفت	۳۵
۱- تلفات حالت هدایت (P_{cond})	۳۵
۲- تلفات حالت سوئیچینگ (حالت گذرا)	۳۵
۳- تلفات گیت	۳۶
ماسفت های قدرت (Power Mosfet)	۳۶
راه اندازی ماسفت های قدرت	۳۶
اپتوکوپلر چیست؟	۳۷
انواع اپتوکوپلر	۳۷
اپتوکوپلر ترانزیستوری	۳۷
اپتوکوپلر با گیت NAND	۳۸
اپتوکوپلر دارلینگتون	۳۸
اپتوکوپلر دیاک	۳۸
مراحل ساخت	۴۲
نتایج حلقه باز	۴۲
مراحل آماده سازی برای حالت حلقه بسته	۴۳
تقسیم مقاومتی در خروجی	۴۳
تنظیمات میکروکنترلر	۴۴
آرایش پایه های مورد استفاده ی میکروکنترلر	۴۴
واحد تایمر	۴۵
تنظیمات واحد تایمر در Code Vision	۴۵
واحد وقفه	۴۶
تنظیمات واحد وقفه در Code Vision	۴۷
واحد مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)	۴۹

۵۰	تنظیمات واحد ADC در Code Vision
۵۱	نحوه تغذیه واحد ADC
۵۲	ارتباط میکرو با Lcd
۵۲	تنظیمات Lcd در Code Vision
۵۲	نحوه اتصالات تغذیه Lcd
۵۳	اپتوکوپلر
۵۳	مدار اپتوکوپلر
۵۴	شماتیک نهایی
۵۵	نتایج نهایی
۵۸	اثر تغییر بار بر روی خروجی
۶۰	نتیجه گیری
۶۱	ضمائم
۶۱	۱- مشخصات الکتریکی دیود 1N4935
۶۲	۲- مشخصات الکتریکی ماسفت if540
۶۴	۳- مشخصات الکتریکی اپتوکوپلر 6N137
۶۶	۴- کد برنامه
۶۹	منابع

فصل اول

منابع سویچینگ (SMPS)

مقدمه

بعضی از تجهیزات الکترونیکی نیاز به منابع تغذیه با ولتاژ و جریان بالا دارند. بدین منظور باید ولتاژ AC

شهر توسط ترانسفورماتور کاهنده به ولتاژ پایین تر تبدیل و سپس یکسوسازی شده و به وسیله خازن و سلف، صاف و DC شود.

تا سال 1972 منابع تغذیه خطی برای بیش تر دستگاه های الکترونیکی مناسب بودند. اما با توسعه کاربرد مدارهای مجتمع، لازم شد که خروجی این مدارها در برابر تغییرات جریان و یا ولتاژ شبکه برق بیش تر تثبیت گردد. آی سی های خانواده TTL به ولتاژ کاملا تثبیت شده 5V احتیاج دارند. به منظور به دست آوردن ولتاژ ثابت تر، یک سیستم کنترل فیدبک در آی سی های تثبیت کننده به کار برده می شود. امروزه تراشه های یکپارچه تنظیم ولتاژ برای جریان های تا 5A در دسترس می باشد. این تراشه ها مناسب می باشند، اما راندمانی زیر 50% دارند و تلفات حرارتی آن ها در بار کامل زیاد است.

منابع تغذیه سوئیچینگ دارای راندمان بالایی می باشند. این منابع در سال 1970 هنگامی که ترانزیستورهای سوئیچینگ سرعت بالا با ظرفیت زیاد در دسترس قرار گرفت، ابداع شدند. ولتاژ خروجی منابع تغذیه سوئیچینگ به وسیله تغییر چرخه کار (Duty Cycle) یا فرکانس سیگنال ترانزیستورهای کلیدزنی کنترل می شود. البته می توان با تغییر هم زمان هر دوی آن ها نیز ولتاژ خروجی را کنترل نمود.

یک منبع تغذیه سوئیچینگ (switched-mode power supply) شامل منطق کنترل (Control Logic) و نوسان ساز می باشد. نوسان ساز سبب قطع و وصل عنصر کنترل کننده (Control Element) می گردد. عنصر کنترل کننده معمولا یک ترانزیستور کلید زنی، یک سلف و یک دیود می باشد. انرژی ذخیره شده در سلف با ولتاژ مناسب به بار واگذار می شود. با تغییر چرخه کار یا فرکانس کلید زنی، می توان انرژی ذخیره شده در هر سیکل و در نتیجه ولتاژ خروجی را کنترل نمود.

با قطع و وصل ترانزیستور کلیدزنی، عبور انرژی انجام و یا متوقف می شود، اما انرژی در ترانزیستور تلف نمی شود. با توجه به اینکه فقط انرژی مورد نیاز برای داشتن ولتاژ خروجی با جریان مورد نظر، کشیده می شود راندمان بالایی به دست می آید. انرژی به صورت مقطعی تزریق می شود. اما ولتاژ خروجی به وسیله ذخیره خازنی ثابت باقی می ماند.

چگونگی عملکرد رگولاتورهای سوئیچینگ

رگولاتورها قطعات بسیار مهمی هستند که می توان از آن ها برای تأمین انرژی و توان دستگاه ها و وسایل دیگر استفاده کرد.

انواع رگولاتورها

رگولاتورها به دو نوع عمده تقسیم می‌شوند که عبارتند از: ۱- خطی ۲- سویچینگ

در ادامه مزایا و معایب منابع تغذیه خطی و سویچینگ را بررسی می‌کنیم.

مزایای رگولاتورهای خطی

۱. سادگی مدار (طراحی مدار بسیار ساده و به راحتی پایدار می‌شود).

۲. قابلیت تحمل بار زیاد، نویز ناچیز در خروجی و زمان پاسخ‌دهی بسیار کوتاه.

۳. برای توان‌های کمتر از ۱۰ وات، ارزان‌تر از مدارهای مشابه سویچینگ تمام می‌شود.

معایب رگولاتورهای خطی

۱. تنها به صورت رگولاتور کاهنده به کار می‌روند (ورودی باید حداقل 2 تا 3 ولت بیشتر از خروجی باشد).

۲. قابلیت انعطاف کم و افزودن هر خروجی به مدار مستلزم اضافه کردن قطعات اضافی است.

۳. بهره کم و در حدود ۳۰٪ تا ۴۰٪ می‌باشد. این تلفات توان در ترانزیستور خروجی تولید حرارت می‌نماید

و نیاز به ترانزیستور قوی‌تری تا حدود ۱۵ وات است.

۴. راندمان مدار هنگامی خوب است که مقدار ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی نزدیک باشد.

تمامی معایب رگولاتورهای خطی در رگولاتورهای سویچینگ رفع شده است.

مزایای منابع سویچینگ

۱. افزایش راندمان در حدود 68٪ تا 90٪. این موضوع کارکرد ترانزیستور در نواحی قطع و اشباع را به

انتخاب حرارت‌گیر یا خنک‌کننده و ترانزیستور کوچک‌تر منوط کرده است.

۲. به دلیل اینکه قدرت خروجی از یک ولتاژ DC بریده شده که به شکل AC در یک قطعه مغناطیسی

ذخیره می‌شود، تأمین می‌گردد با اضافه کردن تنها یک سیم پیچ می‌توان خروجی دیگری را به دست

آورد که در مقایسه با رگولاتورهای خطی بسیار ارزان‌تر و ساده‌تر تمام می‌شود.

۳. به دلیل افزایش فرکانس کاری به حدود ۵۰ تا ۶۰ کیلوهرتز، اجزاء ذخیره‌کننده انرژی می‌توانند خیلی

کوچک‌تر انتخاب شوند و بدین دلیل از نظر سایز و اندازه کوچک هستند.

۴. برخلاف منابع خطی، در توان‌های خیلی بالا قابل استفاده هستند.

۵. قابل تغییر بدون افزایش یا کاهنده و غیره.

همه موارد ذکر شده در بالا به کاهش هزینه و توان تلفاتی و افزایش بهره‌دهی و انعطاف‌پذیری منجر می‌شود.

معایب منابع سویچینگ

۱. طرح چنین منابعی اصولاً مشکل و پیچیده است.

۲. نویز قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند و البته می‌توان با کمک فیلتر آن را کاهش داد.

۳. ماهیت کار این منابع که براساس برش یک ولتاژ DC است، باعث می شود که زمان رسیدن ولتاژ خروجی به مقدار مطلوب در مقایسه با منابع خطی زیاد باشد این زمان را اصطلاحاً زمان پاسخ گذرا گویند.

۴. شامل ترکیبات خارجی اضافه از جمله خازن ها و سلف ها می باشد.
امروزه، بیشتر تلویزیون های رنگی فقط از SMPS برای تغذیه لامپ و قسمت های مختلف استفاده می کنند کامپیوترهای شخصی نیز از SMPS برای تولید ولتاژهای 5V، 12V و 24V با جریان بالا استفاده می کنند. مهم ترین مزیت SMPS ها وزن کم آن می باشد. کاربرد دیگر SMPS ها به عنوان اینورتر یا UPS است.

کار اصلی اینورترها تبدیل خروجی DC یک باتری دارای شارژ به ولتاژ AC با فرکانس برق شهر می باشد تا بتواند بارهای ضروری را تغذیه نماید. در حالت ایده آل، شکل موج خروجی یک اینورتر باید سینوسی خالص باشد که رابطه نزدیکی با قیمت آن دارد. قیمت یک اینورتر همچنین به ظرفیت باتری پشتیبان، توان خروجی، درصد تنظیم ولتاژ (رگولاسیون)، مدارهای محافظ، نشانگرهای زمان تبدیل (سرعت عملکرد) و ... بستگی دارد. داشتن این ویژگی ها، اینورتر را به یک منبع تغذیه غیر قابل وقفه (UPS) تبدیل می کند.

انواع مختلف منبع تغذیه سوئیچینگ

در یک منبع از نوع سوئیچینگ تغییر سطح ولتاژ خروجی از طریق تغییر در نسبت روشن به خاموش یا اصطلاحاً زمان کارکرد ترانزیستور خروجی انجام می گیرد. منابع بر اساس نوع کنترل تغییرات خروجی و چگونگی این عمل به دو نوع کلی قابل تقسیم بندی هستند. دو نوع منبع تغذیه سوئیچینگ عبارتند از:

SMPS-1 با مبدل پیشرو (Forward Converter)

SMPS-2 با مبدل برگشتی (Flyback Converter)

با وجود شباهت های فراوان، تفاوت های متمایز کننده ای هم وجود دارد. نحوه عملکرد و چگونگی قرارگیری عناصر مغناطیسی تعیین کننده نوع مدار است.

عناصر اصلی منابع سوئیچینگ

- یک منبع سوئیچ جهت تهیه موج PWM.
- القاگر (در مورد منابع پیشرفته، القاگر جای خود را به ترانس می دهد).
- سوئیچ قدرت (ترانزیستور قدرت)
- خازن ذخیره کننده انرژی در خروجی
- شبکه های حس کننده
- و عمل کننده بازخورد

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان
حال به توضیح مختصری در مورد قطعات به کار رفته می پردازیم.

سوئیچ قدرت

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان
یک ترانزیستور قدرت یا یک MOSFET یا IGBT می باشد که فرکانس قطع و وصل آن باید از فرکانس کاری مدار خیلی بالاتر باشد.

القاگر

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان
یک عنصر ذخیره کننده انرژی است. انرژی فقط هنگام هدایت ترانزیستور کلید زنی ذخیره می شود. مقدار انرژی، میزان قدرت خروجی SMPS را تعیین می کند. برای افزایش انرژی، باید جریان بالایی به اندوکتانس بزرگ تزریق شود. اندوکتانس L، نسبت شار بر آمپر می باشد. بنابراین انرژی ذخیره شده در یک کلاف برابر است با:

$$\text{دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان}$$

خازن

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان
یک عنصر ذخیره کننده انرژی است و کاربرد آن، از این جهت است که مقدار ولتاژ خروجی در مقدار مشخص خود باقی بماند و ریپل زیادی نداشته باشد.

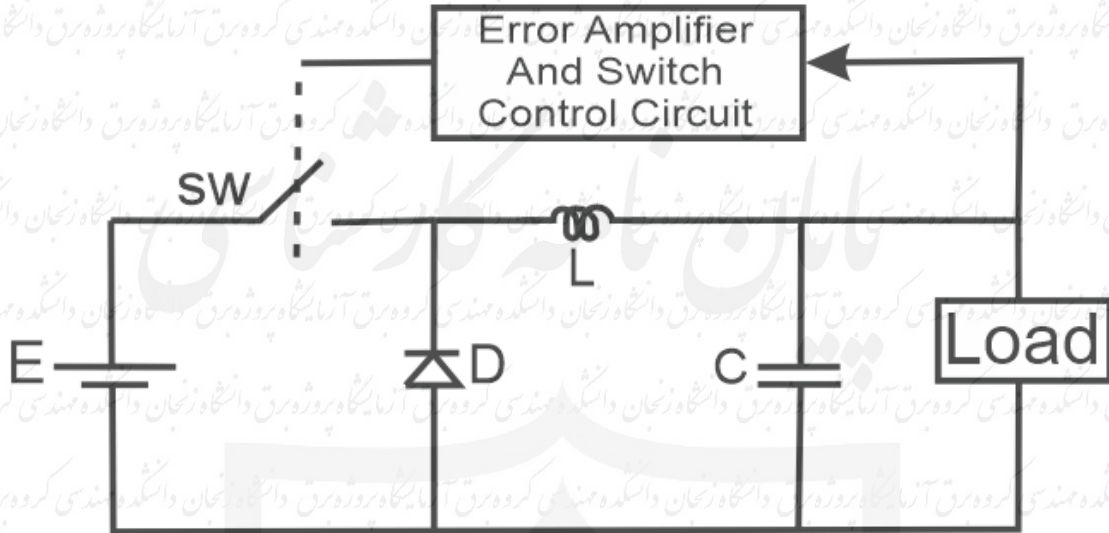
یکسو کننده

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان
یکسو کننده ها به دلیل آن که وسایل دو سیمه هستند راهی جز انتخاب بهترین و مناسب ترین دیود باقی نمی ماند. پارامترهای انتخاب یکسو کننده ها در ارتباط با منابع تغذیه شامل موارد زیر می باشد:

۱. افت ولتاژ مستقیم: ولتاژی است که هنگام عبور جریان مستقیم از دیود وجود دارد و در کیفیت کاری دیود موثر است.
۲. زمان احیای معکوس: این زمان برای خاموش شدن دیود بعد از آنکه ولتاژ مستقیم از روی آن برداشته شد، برای توقف جریان دیود لازم است. برای توقف جریان دیود بعد از آنکه یک ولتاژ معکوس بزرگ روی دیود اعمال شود زمان مشخصی صرف می شود.
۳. زمان احیای مستقیم: زمان لازم برای شروع به هدایت دیود، بعد از اعمال ولتاژ مستقیم به دیود است. در زمان کوتاه تر اسپایک های کمتری رخ می دهد، هنگامی که القاگر و ترانزیستور در حالت خاموشی دیود بی بار می شوند.
۴. ولتاژ بلوک کننده معکوس: این ولتاژی است که قطعه می تواند پیش از شکسته شدن پیوندش به صورت معکوس تحمل کند.

رگولاتور سویچینگ حالت فوروارد

آرایش کلی منابع نوع فوروارد مطابق مدار شکل ۱-۱ است.



شکل ۱-۱. شکل کلی منابع فوروارد

نحوه ی عملکرد مدار

هنگامی که سویچ باز است، با چرخش جریان از طریق دیود انرژی از سوی القاگر تأمین می شود و در چرخه بعدی با بسته شدن سویچ، القاگر مجدداً توسط منبع ورودی انرژی دار می شود. هر دوره از مدار فوق به دو بخش قابل تقسیم است که عبارتند از:

- **Ton:** هنگامی که سویچ بسته است، جریان از منبع و القاگر عبور کرده و در اختیار فیلتر و بار قرار می گیرد. در این حالت دیود خاموش است.
- **Toff:** هنگامی که سویچ باز می شود. در این حالت القاگر، فیلتر و بار از طریق دیود تأمین می گردد و کار بدون تغییر در سطح ولتاژ خروجی ادامه می یابد.

برای محاسبه ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی می توان نوشت:

(D.C) Duty Cycle، متوسط ولتاژ خروجی را کنترل می کند (عملاً 5% تا 95%) پس در این

حالت ولتاژ خروجی برابر خواهد بود با:

$$V_{out} = (V_{in}) \cdot (\text{Duty Cycle})$$

$$\text{Duty Cycle} \leq 1$$

که V_{out} ولتاژ خروجی و V_{in} ولتاژ ورودی می باشد.

