

## دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی برق

## پایان نامه کارشناسی

(گرایش الکترونیک)

عنوان:

## طراحی و ساخت مبدل فلای بک با چهار خروجی ایزوله جهت

## تغذیه بخش درایور اینورتر

استاد راهنما:

## دکتر عباس غایب‌لو

## معصومه فرجی

تابستان ۹۶



## چکیده

الکترونیک قدرت شاخه‌ای از الکترونیک صنعتی بوده و می‌تواند متشکل از مهندسی الکترونیک و مهندسی قدرت که در آن عملکرد الکترونیک حالت جامد برای کنترل و تبدیل توان الکتریکی استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر الکترونیک قدرت به بررسی استفاده از نیمه هادی‌ها در قدرت می‌پردازد. تقریباً تمام منابع تغذیه جدید همچون شارژرها، اینورترها و یوپی‌اس‌ها از ساختار الکترونیک قدرت استفاده می‌کنند. در الکترونیک قدرت مبدل‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که بسته به ورودی و خروجی آن‌ها به چهار دسته زیر تقسیم می‌شوند:

- مبدل‌های AC به DC (یکسوسازها)
- مبدل‌های DC به DC (برشگرها یا چاپرها)
- مبدل‌های AC به AC (کنترل‌کننده‌های ولتاژ AC، سیکلوکانورترها و مبدل‌های ماتریسی)
- مبدل‌های DC به AC (اینورترها)

هدف از این پایان‌نامه طراحی و ساخت یک نمونه مبدل فلای‌بک با چهار خروجی ایزوله ۱۲ ولت ۵ وات جهت تغذیه بخش درایور اینورتر می‌باشد. مبدل فلای‌بک از دسته‌ی مبدل‌های DC به DC است و در فصل اول به معرفی و توضیح انواع مبدل‌های DC به DC خواهیم پرداخت. سپس در فصل دوم دو محصول صنعتی که با استفاده از مبدل‌های DC به DC فلای‌بک ساخته شده‌اند را معرفی کرده و در حد توان به تشریح بخش‌های مختلف آن می‌پردازیم. در نهایت در فصل سوم روند ساخت مبدل را شرح داده و جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

فهرست عناوین

۱ معرفی انواع مبدل های DC به DC..... ۱

۱.۱ انواع منابع تغذیه DC..... ۲

۱.۱.۱ مقایسه منابع تغذیه سوئیچینگ و خطی [۱]..... ۲

۱.۲ انواع منابع تغذیه سوئیچینگ [۲]..... ۳

۱.۲.۱ منابع تغذیه سوئیچینگ فاقد ترانسفورمر ایزوله کننده..... ۳

۱.۱.۱.۲ ساختار مبدل باک..... ۴

۲.۱.۲.۱ ساختار مبدل بوست..... ۶

۳.۱.۲.۱ ساختار مبدل باک\_ بوست..... ۷

۲.۲.۱ منابع تغذیه سوئیچینگ با ترانسفورمر ایزوله کننده..... ۹

۱.۱.۲.۲ منبع تغذیه سوئیچینگ فلای بک..... ۱۰

۲.۲.۲.۱ منبع تغذیه سوئیچینگ پوش پول..... ۱۱

۳.۲.۲.۱ منبع تغذیه سوئیچینگ نیم پل..... ۱۳

۴.۲.۱.۲ منبع تغذیه سوئیچینگ تمام پل..... ۱۵

۲ معرفی دو نمونه محصول صنعتی..... ۱۷

۱.۲ منبع تغذیه کامپیوتر [۳]..... ۱۸

۱.۱.۲ مدار قدرت..... ۲۰

۲.۱.۲ مدار سوئیچینگ..... ۲۲

۳.۱.۲ مدار ۵ ولت standby..... ۲۲

۴.۲.۱ مدار درایور..... ۲۳

۵.۲.۱ مدار خروجی..... ۲۴

۶.۱.۲ کانکتورهای خروجی پاور کامپیوتر..... ۲۵

۲.۲ شارژر موبایل..... ۲۶

۳ طراحی و ساخت مبدل فلای بک با ۴ خروجی ایزوله..... ۲۸

۱.۳ طراحی..... ۲۹

۳.۲ طراحی و ساخت مدار قدرت..... ۳۱

۱.۲.۳ بخش ورودی مدار قدرت [۱]..... ۳۱

۲.۲.۳ ترانسفورمر قدرت..... ۳۳

۱.۲.۲.۳ اثر پوستی، مجاورت و تاثیر ساندویچی کردن بر آن ها [۱]..... ۳۳

۲.۲.۲.۳ طراحی ترانسفورمر قدرت..... ۳۴

۳.۲.۳ انتخاب سوئیچ قدرت..... ۳۶

۴.۲.۳ بخش خروجی مبدل فلای بک [۵]..... ۳۷

دانشگاه زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان	۳۷
دانشگاه زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان	۳۸
دانشگاه زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان	۳۸
دانشگاه زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان	۴۱
دانشگاه زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان	۴۵
دانشگاه زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان	۴۹
دانشگاه زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاع زنجان	۵۴
<b>منابع و مراجع</b>	<b>۵۸</b>

صفحه

فهرست اشکال

شکل ۱.۱	ساختار مبدل باک [۲].....	۵
شکل ۲.۱	شکل موج‌های ولتاژ و جریان در مبدل باک [۲].....	۵
شکل ۳.۱	ساختار مبدل بوست [۲].....	۶
شکل ۴.۱	شکل موج‌های ولتاژ و جریان در مبدل بوست [۲].....	۷
شکل ۵.۱	ساختار مبدل باک_ بوست با جریان پیوسته سلف [۲].....	۸
شکل ۶.۱	شکل موج‌های ولتاژ و جریان در مبدل باک_ بوست با جریان پیوسته سلف [۲].....	۹
شکل ۷.۱	ساختار مبدل فلائی بک [۲].....	۱۰
شکل ۸.۱	شکل موج‌های ولتاژ و جریان در مبدل فلائی بک [۲].....	۱۱
شکل ۹.۱	ساختار مبدل پوش پول [۲].....	۱۲
شکل ۱۰.۱	شکل موج‌های ولتاژ و جریان در مبدل پوش پول [۲].....	۱۳
شکل ۱۱.۱	ساختار مبدل نیم پل [۲].....	۱۴
شکل ۱۲.۱	شکل موج‌های ولتاژ و جریان در مبدل نیم پل [۲].....	۱۴
شکل ۱۳.۱	ساختار مبدل تمام پل [۲].....	۱۵
شکل ۱۴.۱	شکل موج‌های ولتاژ و جریان در مبدل تمام پل [۲].....	۱۶
شکل ۱.۲	شماتیک مداری یک نمونه پاور کامپیوتر.....	۱۹
شکل ۲.۲	تصویر یک نمونه پاور کامپیوتر.....	۲۰
شکل ۳.۲	قسمت‌هایی از مدار قدرت پاور کامپیوتر.....	۲۱
شکل ۴.۲	فت‌های مدار سوئیچینگ و مدار standby در پاور کامپیوتر.....	۲۲
شکل ۵.۲	ترانس‌های مدار پاور کامپیوتر.....	۲۳
شکل ۶.۲	بخش‌های مختلف یک نمونه پاور کامپیوتر.....	۲۴
شکل ۷.۲	کانکتور ATX 24 PIN [۳].....	۲۵
شکل ۸.۲	شماتیک مداری شارژر موبایل.....	۲۷
شکل ۹.۲	مدار داخلی شارژر موبایل.....	۲۷
شکل ۱.۳	پل دیود استفاده شده در مبدل فلائی بک.....	۳۲
شکل ۲.۳	مشخصات هسته PQ35/35.....	۳۶
شکل ۳.۳	انواع مدارات اسنابر و کلمپ تلف کننده [۱].....	۳۹
شکل ۴.۳	مقایسه تاثیر اسنابر و کلمپ بر روی شکل موج ولتاژ سوئیچ [۱].....	۳۹
شکل ۵.۳	ولتاژ دو سر سوئیچ با استفاده از کلمپ [۱].....	۴۰
شکل ۶.۳	طرح پایه حالت کنترل ولتاژ.....	۴۳
شکل ۷.۳	طرح پایه حالت کنترل جریان.....	۴۴
شکل ۸.۳	دیاگرام داخلی تراشه‌های UC3842/43/45.....	۴۶

۴۸	شکل ۹.۳ مدار مبدل فلای یک طراحی شده
۵۱	شکل ۱۰.۳ روش جبران سازی با یک قطب و یک صفر [۵۱].
۵۲	شکل ۱۱.۳ مدار داخلی آی سی TL431
۵۵	شکل ۱۲.۳ منبع تغذیه سوئیچینگ فلای یک ساخته شده
۵۵	شکل ۱۳.۳ پالس خروجی پایه ۶ آی سی
۵۶	شکل ۱۴.۳ تغییر D در پالس خروجی آی سی در صورت تغییر ولتاژ ورودی
۵۶	شکل ۱۵.۳ شکل موج ولتاژ درین سوئیچ
۵۷	شکل ۱۶.۳ شکل موج جریان سوئیچ
۵۷	شکل ۱۷.۳ شکل موج ولتاژ خروجی منبع تغذیه فلای یک

فهرست جداول

صفحه

جدول ۱.۳ مشخصه مبدل فلای‌بک.....۲۹

جدول ۲.۳ اطلاعات سیم ۲۶.....۳۴

جدول ۳.۳ جبران سازه‌های قابل استفاده در منابع مختلف [۵].....۵۰

جدول ۴.۳ تاثیر انواع جبران سازه‌ها بر روی تنظیم بار و پاسخ گذرا [۵].....۵۰

جدول ۵.۱ .....۵۰

جدول ۵.۲ .....۵۰

جدول ۵.۳ .....۵۰

جدول ۵.۴ .....۵۰

جدول ۵.۵ .....۵۰

جدول ۵.۶ .....۵۰

جدول ۵.۷ .....۵۰

جدول ۵.۸ .....۵۰

جدول ۵.۹ .....۵۰

جدول ۵.۱۰ .....۵۰

جدول ۵.۱۱ .....۵۰

جدول ۵.۱۲ .....۵۰

جدول ۵.۱۳ .....۵۰

جدول ۵.۱۴ .....۵۰

جدول ۵.۱۵ .....۵۰

جدول ۵.۱۶ .....۵۰

جدول ۵.۱۷ .....۵۰

جدول ۵.۱۸ .....۵۰

جدول ۵.۱۹ .....۵۰

جدول ۵.۲۰ .....۵۰

جدول ۵.۲۱ .....۵۰

جدول ۵.۲۲ .....۵۰

جدول ۵.۲۳ .....۵۰

جدول ۵.۲۴ .....۵۰

جدول ۵.۲۵ .....۵۰

جدول ۵.۲۶ .....۵۰

جدول ۵.۲۷ .....۵۰

جدول ۵.۲۸ .....۵۰

جدول ۵.۲۹ .....۵۰

جدول ۵.۳۰ .....۵۰

جدول ۵.۳۱ .....۵۰

جدول ۵.۳۲ .....۵۰

جدول ۵.۳۳ .....۵۰

جدول ۵.۳۴ .....۵۰

جدول ۵.۳۵ .....۵۰

جدول ۵.۳۶ .....۵۰

جدول ۵.۳۷ .....۵۰

جدول ۵.۳۸ .....۵۰

جدول ۵.۳۹ .....۵۰

جدول ۵.۴۰ .....۵۰

جدول ۵.۴۱ .....۵۰

جدول ۵.۴۲ .....۵۰

جدول ۵.۴۳ .....۵۰

جدول ۵.۴۴ .....۵۰

جدول ۵.۴۵ .....۵۰

جدول ۵.۴۶ .....۵۰

جدول ۵.۴۷ .....۵۰

جدول ۵.۴۸ .....۵۰

جدول ۵.۴۹ .....۵۰

جدول ۵.۵۰ .....۵۰



## معرفی انواع مبدل های DC به DC

### فصل اول:

## ۱.۱ انواع منابع تغذیه DC

مبدل DC به DC<sup>۱</sup> مبدلی است که جریان DC یک منبع را از یک سطح ولتاژ به سطح ولتاژی دیگر تبدیل می‌کند و ولتاژ خروجی می‌تواند از ولتاژ ورودی بیشتر یا کمتر باشد. این مبدل‌ها به طور عمده در منابع تغذیه سوئیچینگ و موتورهای DC به کار می‌روند. برای ثابت نگه داشتن ولتاژ خروجی یک منبع تغذیه، دو روش رگولاسیون خطی و رگولاسیون به روش سوئیچینگ رایج می‌باشد. از این دو منبع تغذیه DC به دو دسته اصلی زیر تقسیم می‌شوند:

▪ منابع تغذیه DC خطی

▪ منابع تغذیه DC سوئیچینگ

### ۱.۱.۱ مقایسه‌ی منابع تغذیه سوئیچینگ و خطی [۱]

بسته به کاربرد و هزینه مورد نظر، می‌توان از منابع تغذیه DC خطی یا سوئیچینگ استفاده کرد. پیش از پیشرفت در صنعت نیمه هادی‌های توان بالا، منابع تغذیه خطی به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گرفت. از جمله مزایای بارز منابع خطی طراحی آسان، عملکرد با نویز کم، پاسخ دینامیک سریع نسبت به تغییرات بار و کم هزینه بودن ساخت آنها در توان‌های پایین نسبت به منابع سوئیچینگ می‌باشد. اما منابع تغذیه خطی به دلیل داشتن معایبی از جمله تلفات بالا به تدریج جای خود را به منابع سوئیچینگ داده‌اند.

بازده بالا مزیت اصلی یک منبع تغذیه سوئیچینگ است. هنگامی که بازده بالاتر، ابعاد کوچک‌تر و وزن کم‌تر مدنظر باشد منابع تغذیه سوئیچینگ جایگزین منابع تغذیه خطی می‌شوند. راندمان یا بازده توان در روش سوئیچینگ بسیار بیشتر از روش خطی است. یک منبع خطی با تلف کردن توان، خروجی را تنظیم می‌کند ولی در روش سوئیچینگ با تغییر دوره کاری سوئیچ، ولتاژ و جریان خروجی کنترل می‌شود. با یک طراحی خوب در روش سوئیچینگ می‌توان به حدود ۹۰ درصد بازدهی دست یافت. در منابع خطی با توان بالا، هیت‌سینک (گرماگیر) بزرگی مورد نیاز است که ابعاد منبع را افزایش می‌دهد و استفاده از ترانسفورمرهای فرکانس پایین، به حجم و سنگینی دستگاه می‌افزاید. در بعضی منابع تغذیه سوئیچینگ ممکن است از ترانسفورمر (یا سلف) استفاده شود که البته به دلیل فرکانس کاری بالا، وزن و ابعاد ترانسفورمر زیاد نیست. در

<sup>۱</sup> DC\_DC converter

منابع خطی در صورت استفاده از ترانسفورمر، می‌توان در خروجی به هر ولتاژ دلخواهی دست یافت در غیر این صورت ولتاژ خروجی از ورودی بیشتر نخواهد شد. همچنین در صورت عدم استفاده از رگولاتور، ولتاژ خروجی با تغییرات بار و منبع تغییر می‌کند در حالی که در منابع سوئیچینگ هیچ‌گونه محدودیتی در ولتاژ خروجی نداریم و در بیشتر مدارات فقط ولتاژ شکست ترانزیستور می‌تواند محدودکننده باشد. همچنین ولتاژ خروجی با بار و ولتاژ منبع به دلیل کنترل حلقه بسته تغییر نمی‌کند.

## ۲.۱ انواع منابع تغذیه سوئیچینگ [۲]

منابع تغذیه سوئیچینگ بر اساس وجود یا عدم وجود ترانسفورمر در ساختار آن به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

۱. منابع سوئیچینگ فاقد ترانسفورمر ایزوله کننده
۲. منابع سوئیچینگ با ترانسفورمر ایزوله کننده

عناصر اصلی هر یک از انواع این منابع عبارتند از:

- منبع تولید شکل موج PWM
- القاگر
- سوئیچ قدرت
- یکسوکننده
- خازن ذخیره‌کننده انرژی در خروجی
- مدارات اندازه‌گیری فیدبک و درایو

### ۱.۲.۱ منابع تغذیه سوئیچینگ فاقد ترانسفورمر ایزوله کننده

منابع تغذیه سوئیچینگ فاقد ترانسفورمر ایزوله کننده به طور متداول در سه ساختار وجود دارند که عبارتند از:

- باک<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> buck

- بوست<sup>۱</sup>
- باک-بوست<sup>۲</sup>

ساختارهای مذکور به ترتیب کاهنده، افزایشنده و کاهنده-افزاینده هستند و هر یک دارای محدودیت‌های خاصی در خروجی و ورودی هستند. در این زیر بخش به توضیح مختصر درباره هر یک از ساختارهای فوق می‌پردازیم.

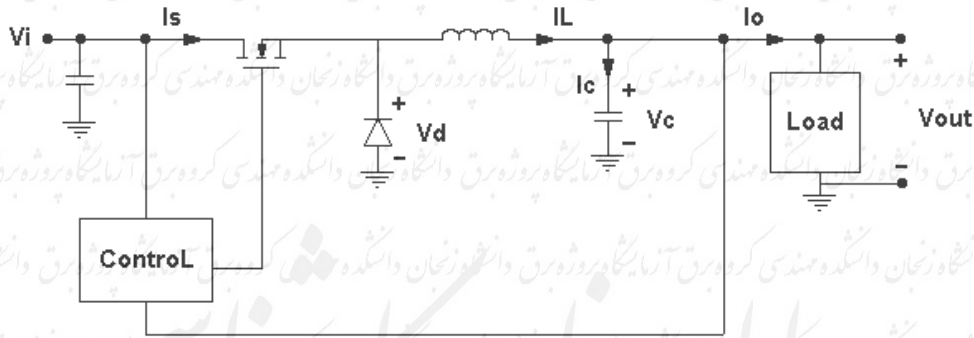
### ۱.۱.۲.۱ ساختار مبدل باک

در مبدل باک مقدار متوسط ولتاژ خروجی ( $V_{out}$ ) کمتر از ولتاژ ورودی ( $V_{in}$ ) است. نمودار و مدار یک مبدل باک که از یک mosfet قدرت به عنوان المان سوئیچینگ استفاده می‌کند در شکل ۱-۱ و ۱-۲ نشان داده شده است. این مبدل مشابه یک چاپر نوع A به همراه فیلتر LC در خروجی است. طرز کار مدار را می‌توان به دو حالت تقسیم کرد. حالت اول هنگامی آغاز می‌شود که ترانزیستور در  $t=0$  روشن می‌شود. جریان ورودی که به علت ولتاژ مثبت روی آن صعودی می‌باشد، از سلف و فیلتر و مقاومت بار عبور می‌کند. حالت دوم هنگامی شروع می‌شود که ترانزیستور در لحظه  $t_2$  خاموش می‌شود و به خاطر وجود انرژی ذخیره شده در سلف، دیود هدایت کرده و جریان سلف از خازن و بار عبور می‌کند. جریان سلف تا زمان روشن شدن دوباره ترانزیستور در سیکل بعدی نزول می‌کند.

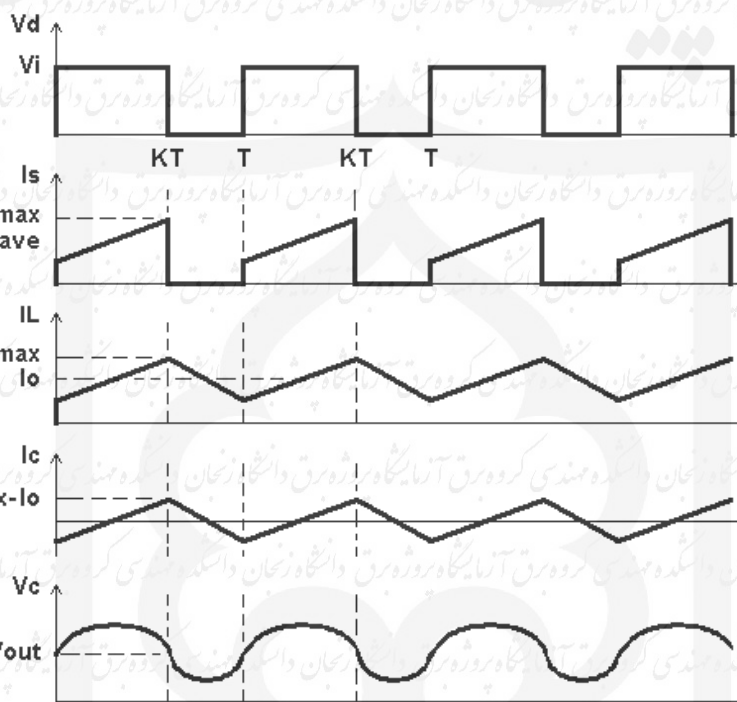
شکل موج‌های ولتاژ و جریان نشان داده شده برای حالت پیوسته جریان در سلف می‌باشد. بسته به فرکانس کلیدزنی و اندوکتانس فیلتر، جریان سلف می‌تواند ناپیوسته نیز باشد. مبدل باک ساده و بازده آن بیش از ۹۰٪ است و فقط به یک ترانزیستور نیاز دارد. در این مبدل ولتاژ خروجی پلاریته مثبت داشته و جریان خروجی یکسویه است.

<sup>۱</sup> boost

<sup>۲</sup> Buck-boost



شکل ۱-۱ ساختار مبدل باک [۲]



شکل ۲-۱ شکل موج های ولتاژ و جریان در مبدل باک [۲]

مبدل باک معیابی دارد که می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. به منظور تثبیت ولتاژ خروجی لازم است که ولتاژ ورودی ۱ تا ۲ ولت بیشتر از ولتاژ خروجی باشد.

۲. هنگامی که سوئیچ روشن می شود هنوز دیود روشن است که می تواند به آسیب دیدگی سوئیچ منجر

شود لذا باید از یک دیود سریع با زمان بازیابی حداقل استفاده شود.

علی رغم تمامی معایب و محدودیت هایی که ذکر شد در شرایط عادی این منابع توانایی تحویل بیش از

۱۰۰ وات توان به خروجی را دارند.



## منابع و مراجع

[۱] آرش رهنمائی، "طراحی و ساخت منبع تغذیه سوئیچینگ یک کیلووات با ساختار فلای بک"،

پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما دکتر جعفر میلی منفرد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

[۲] رضا کیانیان، "منابع تغذیه سوئیچینگ: اداره کل پشتیبانی فنی صدا و تصویر، قابل دسترس در:

[prof.mau.ac.ir/images/Uploaded\\_files/Exam-sps%20final\[3084383\].PDF](http://prof.mau.ac.ir/images/Uploaded_files/Exam-sps%20final[3084383].PDF)

[۳] میثم مزکی نژاد؛ چگونه پاور کامپیوتر تعمیر کنیم؛ قابل دسترس در:

<http://parsiansys.ir>

[۴] دیتاشیت آی سی UC3842/43/45 قابل دسترس در:

<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/25566/STMICROELECTRONICS/UC3845.html>

[۵] M.brown, "Power Supply Cookbook", Boston Oxford Johannesburg Melbourne New Delhi, Second Edition, 2001