

Технически Университет Варна

Анализ моделиране и проектиране на
преобразователни устройства

ПРОЕКТИРАНЕ НА ИМПУЛСНИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

1

ас. д-р Георги Николов
ТУ-Варна 2014

СЪДЪРЖАНИЕ

- Компоненти
- Общи положения
- Типични схеми
- Особености

КАКВО Е ИППН

ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

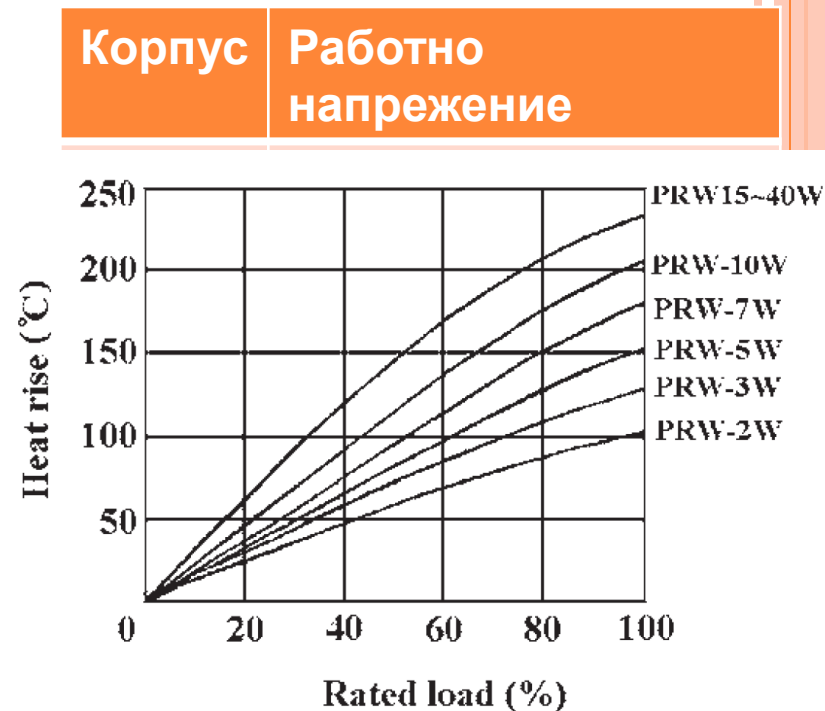
- Отношението на входното към изходното напрежение
 - Повишаващ
 - Понижаващ
 - И двете
- Ограничения на коефициента на запълване
- Брой изходи
- Изолация
- ЕМС
- Използвана технология на транзисторите
- Работен режим
- Синхронен преобразувател

ОСНОВНИ КОМПОНЕНТИ

- Резистори
- Кондензатори
- Диоди
- Транзистори

РЕЗИСТОРИ

- Да се избягват стойности над $1\text{M}\Omega$
- Толеранс – 5% и 1%.
 - разлика в цената 0.0001лв. (при цена за 5000 броя $1\text{k}\Omega$ в 0603 корпус)
- Максимално работно напрежение
- Температурен коефициент
- Разсейвана мощност
 - Максимално обявената мощност води до максимално заграване
 - Кога и при кои резистори можем да превишим тази максимална мощност?



КОНДЕНЗАТОРИ

○ Видове

- електролитни
 - Алуминиеви
 - Високи стойности на капацитета и работните напрежения
 - Танталови
 - По-високочестотни спрямо алуминиевите. По-ниски работни напрежения. По скъпи
- Керамични
 - Ниски паразитни параметри, До около $1\mu\text{F}$
- Многослойни керамични
 - Като керамичните но с по-голям диапазон на капацитета
- Полимерни
 - Издържат на високи скорости на нарастване на напрежението

КОНДЕНЗАТОРИ

- По-малко разнообразие от стойности спрямо резисторите (E6, E12)
- Толеранс
- Влияние на температурата
- Максимаг $\frac{T_1-T_2}{10} \text{ K}$
- ESR $L_2 = L_1 \times 2$
- Живот
- Свързване паралелно/последователно
 - Какъв кондензатор трябва да се свържи към понижаващ преобразувател:
 - **$I_{pp}=1\text{A}$, $f=100\text{kHz}$, $U_{outpp}=50\text{mV}$**
 - Капацитет <- нужен заряд
 - ESR<- промяна на тока
 - Сумираме двете пулсации (те не са във фаза)

Диоди

- Обратно време за възстановяване
- Свързване на диоди в паралел/последователно
- Използване на транзистор за изправител
- Шотки
 - Предимства
 - Малък пад на напрежение
 - „нямат“ време за възстановяване
 - Недостатъци
 - Имат паразитен капацитет между АК
 - Може да резонира с паразитна индуктивност – добавя се ...
 - Голям обратен ток
- Винаги ли по-бърз диод е по-добър?

ТРАНЗИСТОРИ - ВЈТ

- Пулсов ток
- Коефициент по усилване на ток в схема общ емитер
- Ток през колектор без да има напрежение на базата?
 - TIP41 - Collector Cut off Current -0,7mA
- Бързо изключване
 - Обрато напрежение на базата
 - Едва отпушен и наситен транзистор

ТРАНЗИСТОРИ - FET

- JFET≠MOSFET
- Най-широко разпространени – n-канален MOSFET
- Най-честа употреба на P-каналните MOSFET...
- Загуби в MOSFET
 - От проводимост
 - От превключване
 - От управление
- Колко ще загрее?
- Свързване в паралел
- Резистор в управляващата верига
 - Ограничава тока
 - Подтиска осцилациите от паразитния капацитет на гейта и паразитната му индуктивност

ОГРАНИЧЕНИЯ НА КОЕФИЦИЕНТА НА ЗАПЪЛВАНЕ

- Коефициент на запълване
- Ограничения от избраната топология
- Не всяка интегрална схема в управлението може да гарантира широк диапазон на управление

APE1911 (Step-up PWM DC/DC Converter) 0-85%

APE1723 (200kHz, 1A PWM Buck DC/DC Converter) 0-100%

BD9778F (Flexible Step-down Switching Regulators) 6-100%

UC284XB (HIGH PERFORMANCE CURRENT MODE PWM CONTROLLER) 0-94%

MAX5003 (High-Voltage PWM Power-Supply Controller) 0-75%

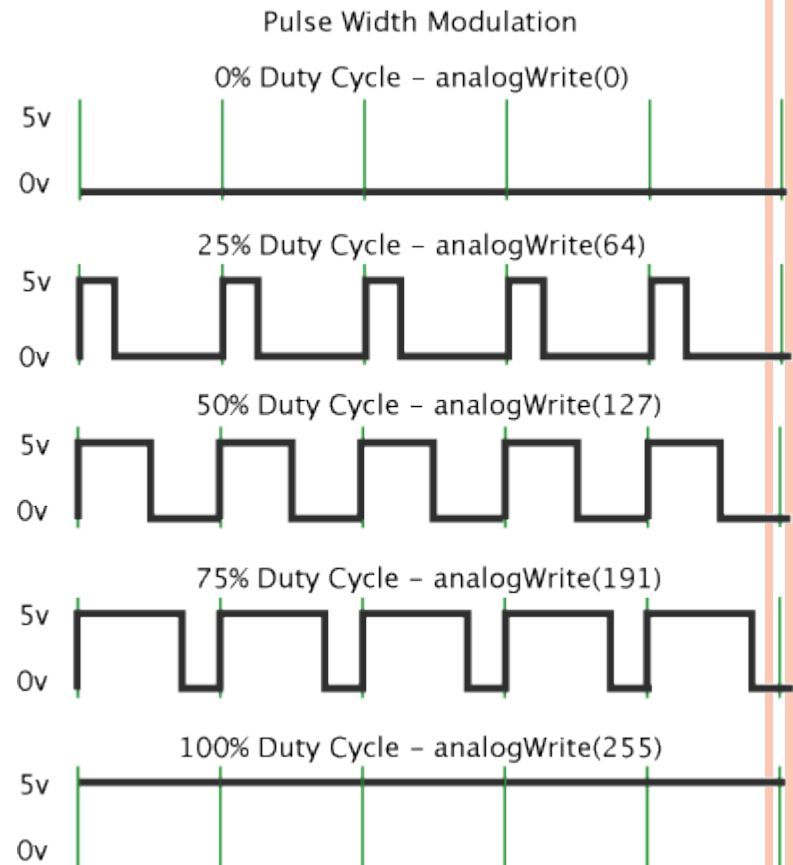
- Време за отпушване/запушване на транзистора

AP9970GP (60V/120A) – $t_{on}=260\text{ns}$; $t_{off}=420\text{ns}$

IRFP3710 (100V/40A) – $t_{on}=73\text{ns}$; $t_{off}=106\text{ns}$

IRFP460 (500V/13A) – $t_{on}=77\text{ns}$; $t_{off}=168\text{ns}$

- Употреба на трансформатор разширява отношението на входното към изходното напрежение до 10:1 (1:10)



БРОЙ ИЗХОДИ

- За всички преобразуватели добавянето на повече изходни напрежения е трудно.
- Може ли от един ИППН да се получат две изходни напрежения (например 12V и 3.3V)?
- За обратния трансформаторен преобразувател (flyback) е по-трудно от останалите
 - силната зависимост на изходното напрежение от индукцията на разсейване
 - Пренебрежимо малка индукция на разсейване
 - Еднаква индукция на разсейване между всички намотки
 - Повече от 4 изходни напрежения се реализират трудно само с един ИППН

РАБОТЕН РЕЖИМ

- В зависимост от тока през дросела:
 - Прекъснат
 - Непрекъснат
 - Граничен
- $I_{min} = \frac{V_{out} \cdot T(1-D)}{L}$
- Обикновено се избира да работи само в един от режимите – по-лесно се контролира и стабилизира

СИНХРОНЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ

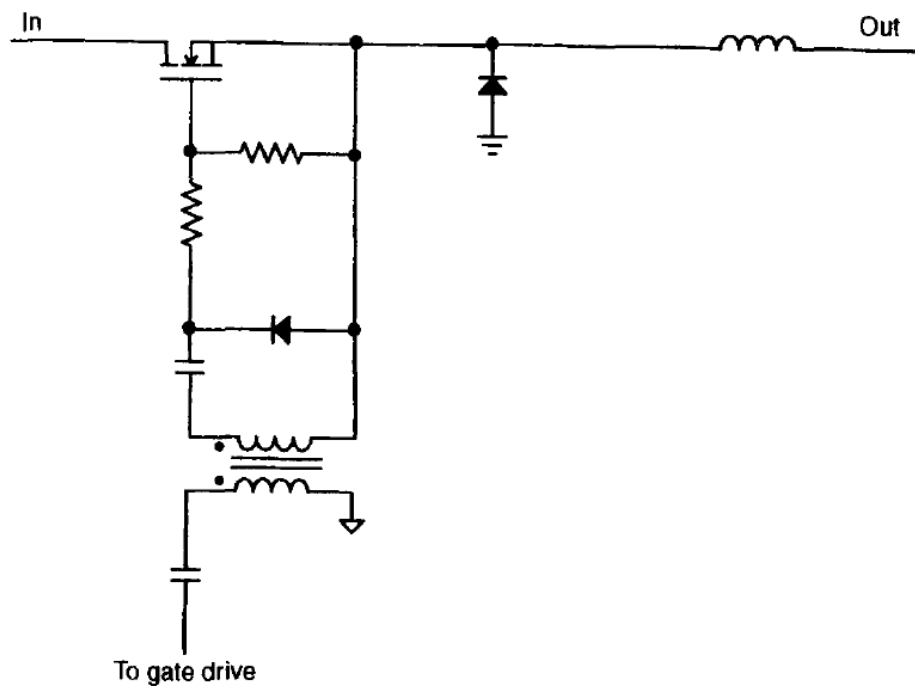
- Вместо диод се слага транзистор, управляван така че да действа като диод.
- Нужда от мъртво време
 - Когато и двата транзистора са изключени, енергията запасена в дросел трябва да отиде някъде. Къде?

Понижаващ ИППН (BUCK)

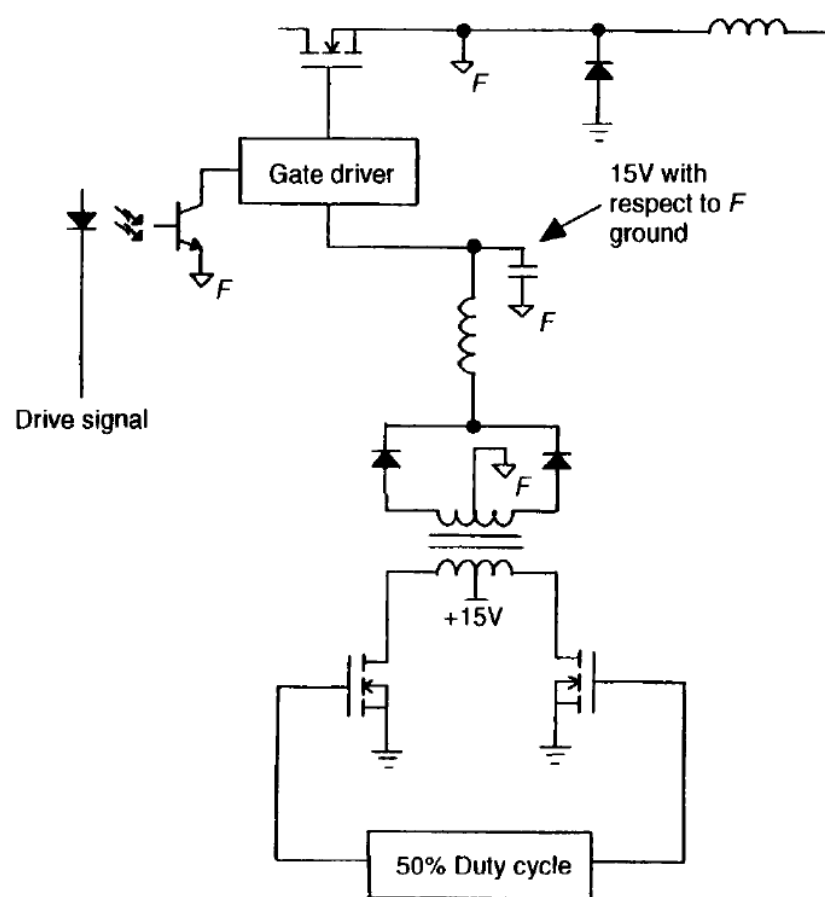
- Само един изход
- Входния ток винаги е прекъснат, независимо от изходния
- Проблеми с управлението на транзистора

- С трансформатор

- Има нужда от време да се размагнетизира

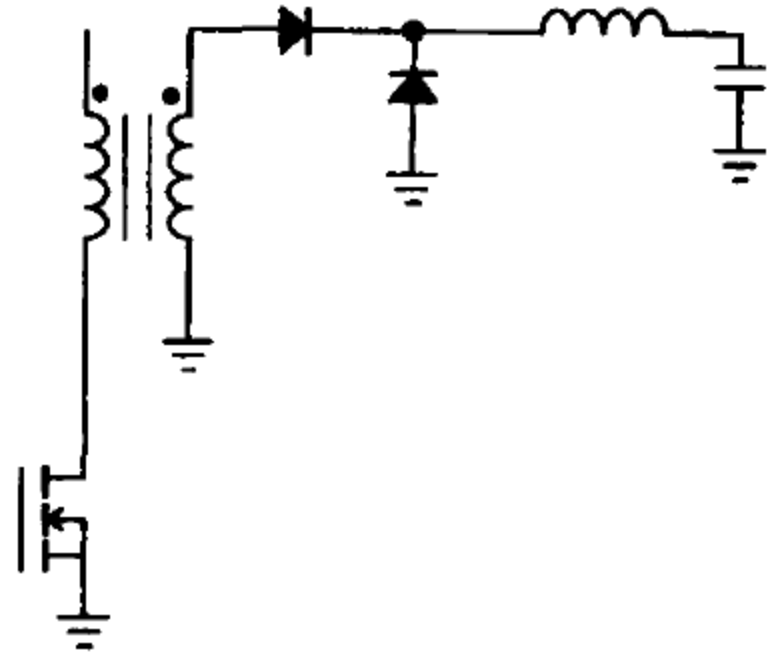


- С допълнително захранване

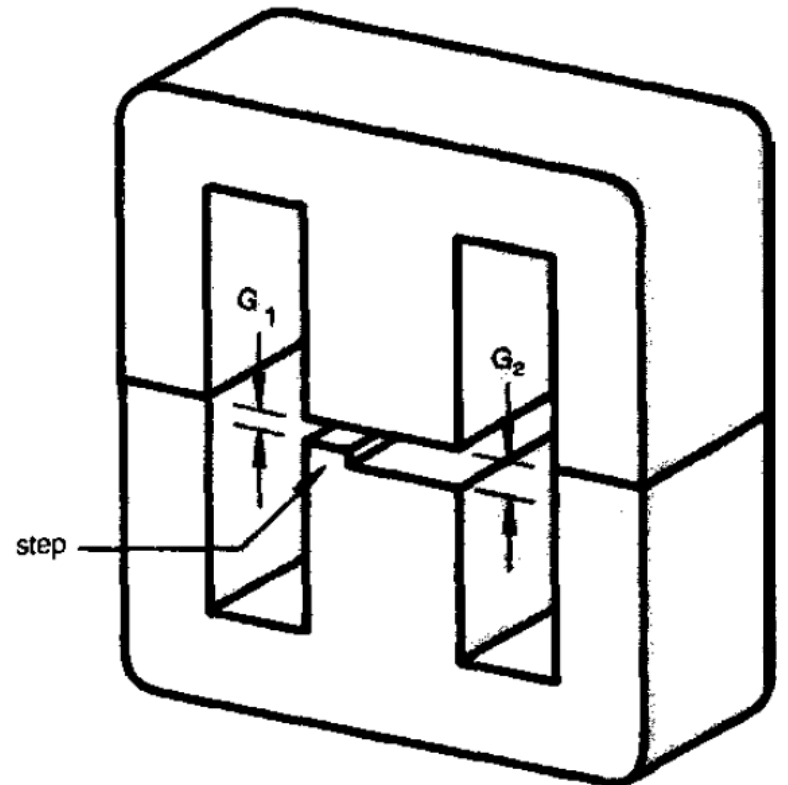
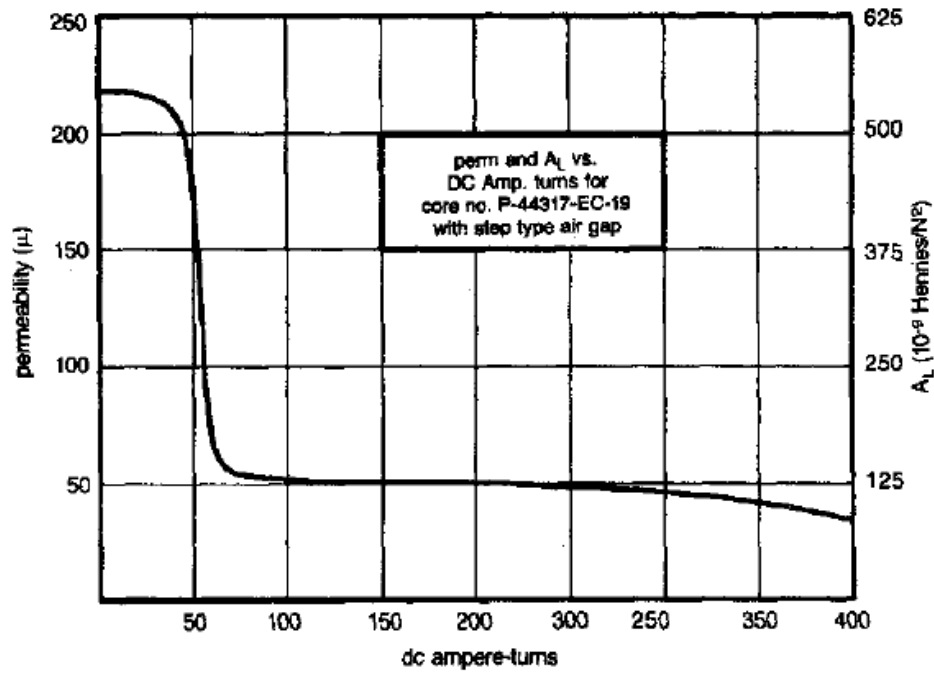


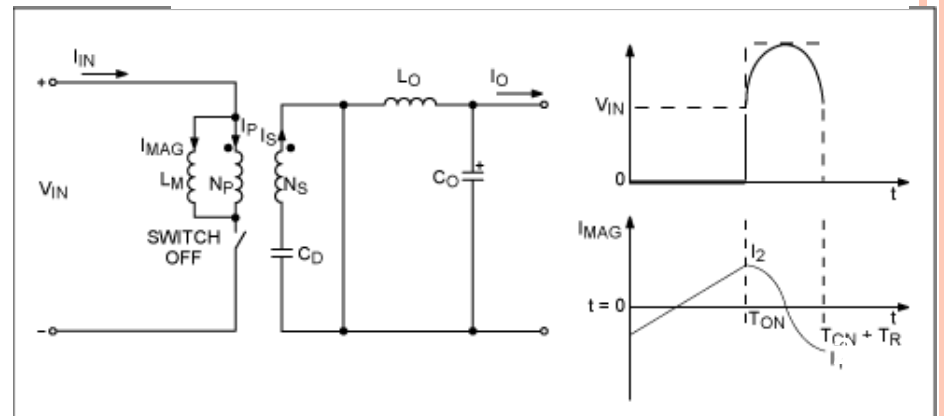
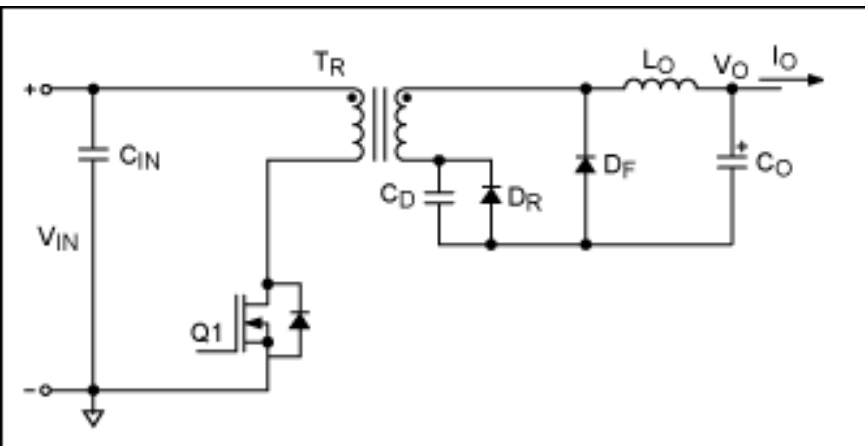
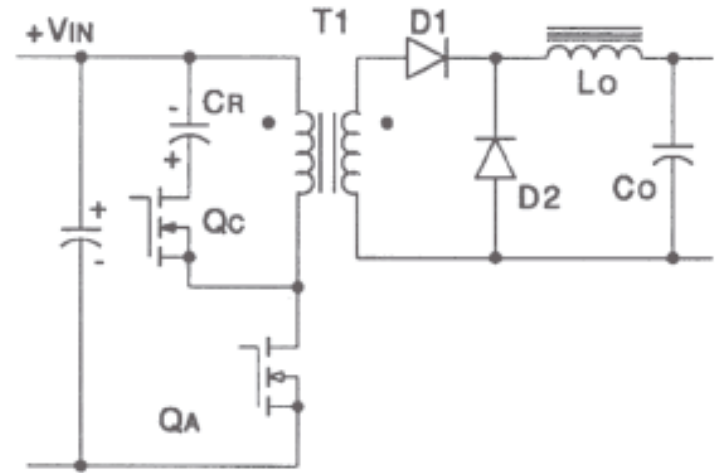
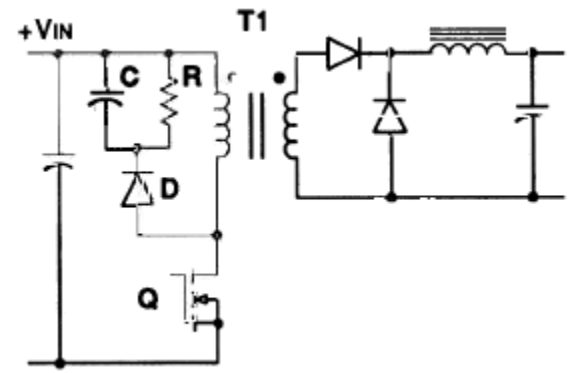
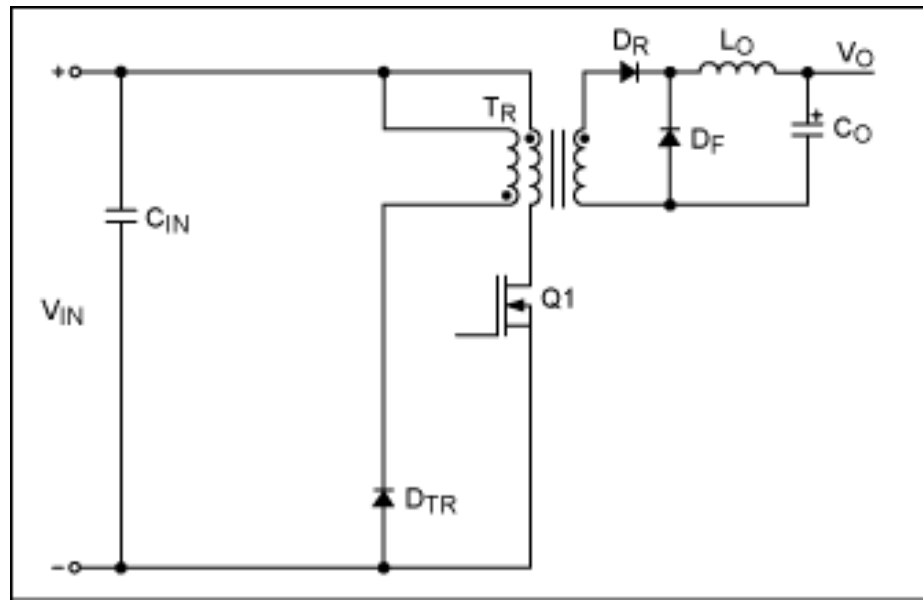
ПРАВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ

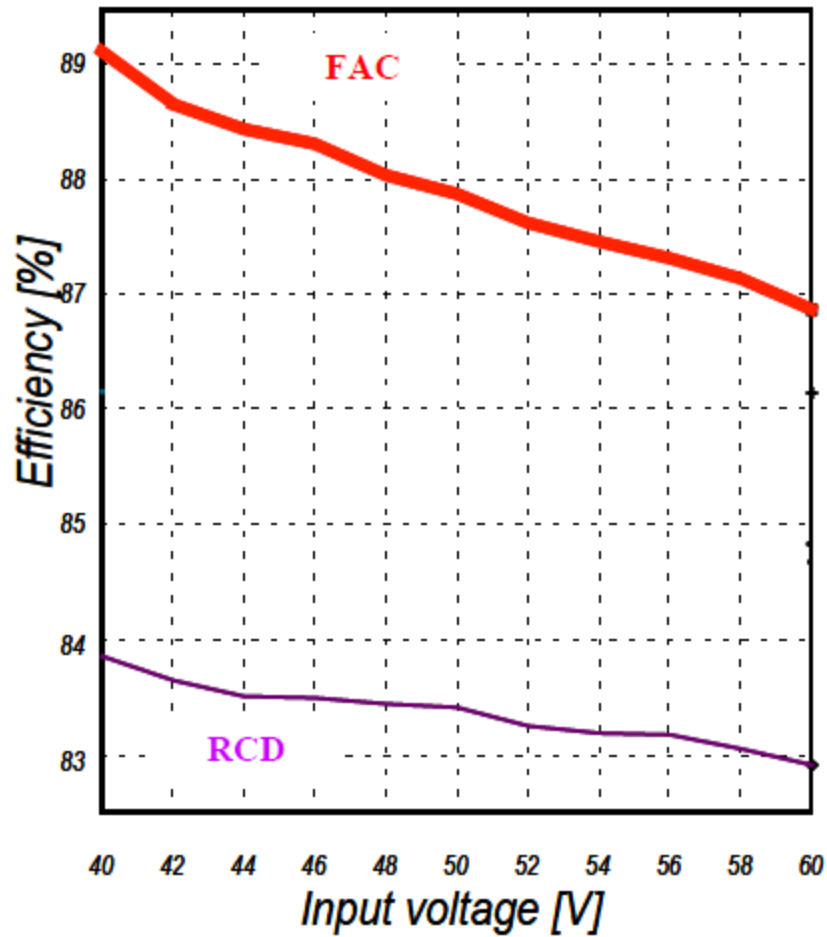
- Има нужда от задължителен товар в изхода
 - Може ли да се изключи този товар, когато вече има включен външен?
- Или специална индуктивност
- Има нужда от разсейване на натрупаната енергия в магнитопровода



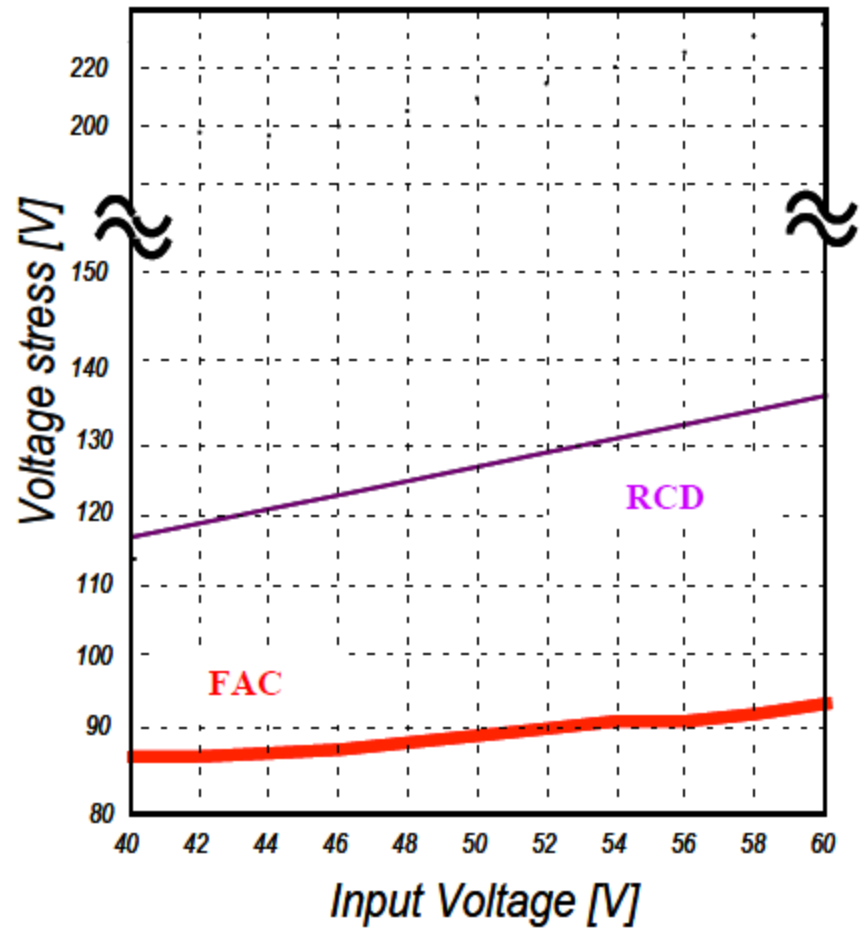
SWING CHOKE







(a)

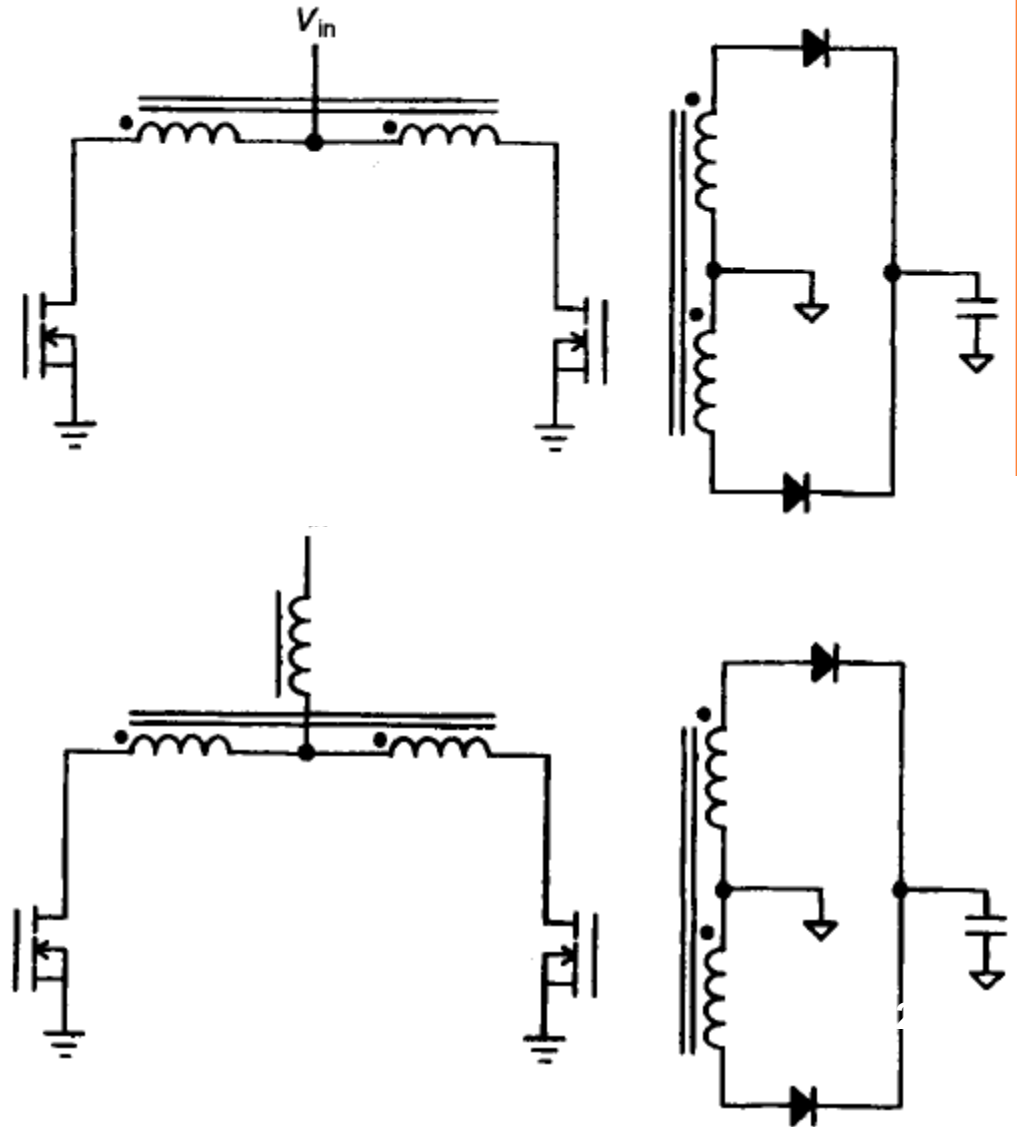


(b)

Fig. 1-5 Comparisons of the (a) measured efficiency (b) measured voltage stress between the FAC and the RCD.

THE PUSH-PULL

- Токов или напрежен вход
- Двата транзистора са със общ извод към маса
- Два пъти по-високо работно напрежение на транзисторите
 - Влияние на U върху R_{ds}
- Задължително мъртво време
- Насищане на трансформатора
 - Токов контрол



РЕЗОНАСНИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

- Тока и напрежението са синусоидални
 - Най-често се добавят индуктивности за да се образуват трептящи кръгове с (най-често) различни капацитети.
- Превключването става когато тока и напрежението минават през нулата
 - Минимални загуби от превключване
 - Най-подходящи за високочестотни приложения

ПРОБЛЕМИ НА РЕЗОНАСНИТЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

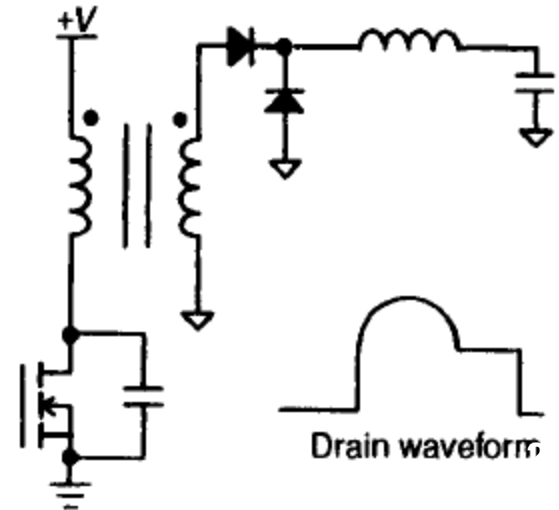
- Работната честота зависи от
 - Захранването
 - Товара
 - Голям изходен ток -> ниска работна честота -> трудно филтриране при EMC
 - Ако се използва паразитните (малки) капацитети на елементите се получават големи вариации в работната честота между отделните изделия
 - Ако се използват допълнителни външно добавени (по-големи) кондензатори, се намалява работната честота, а от там се губи смисъла на този вид преобразователи.

КВАЗИ РЕЗОНАСНИ (ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С НУЛЕВА КОМУТАЦИЯ)

- Всички разглеждани по-горе схеми с ШИМ могат да работят като такива с нулева комутация.
 - Добавят се допълнителни елементи
 - Работят на фиксирана честота
 - Лесно филтриране

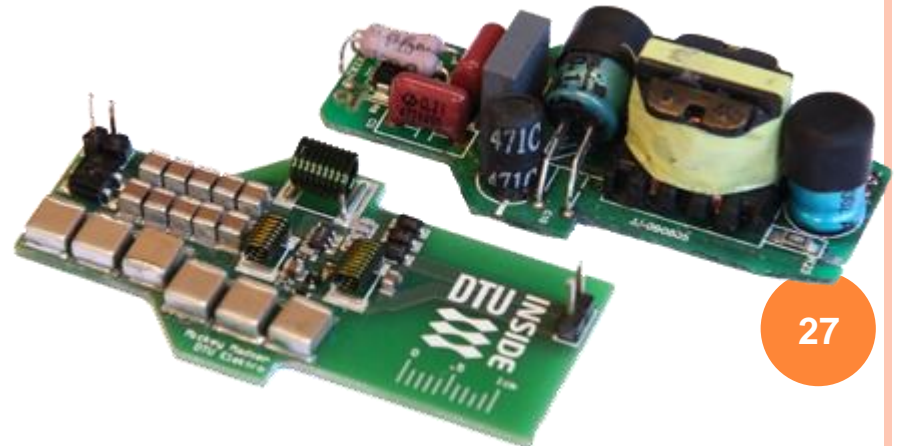
A QUASI-RESONANT OR SOFT-SWITCHING FORWARD CONVERTER.

- The primary inductance of the transformer forms a resonant tank with the external capacitor.
- Натрупаната (нежелана) енергия в трансформатора се разсейва като зарежда кондензатора
- L и C определят честотата на трептене и волтсекундите нужни да нулира енергията в трансформатора а от там и определят нарастването на напрежението върху транзистора
- При включване енергията запасена в резонансия кондензатор се разсейва в транзистора. – да се изчисли.



VHF SMPS

- f_{sw} - 30-300 MHz
- Drastically reduced filter size
- increased power density
- possibility of realizing the converter on chip
- Improved load transient
- FINsix – 65W – 100MHz



ТОЛКОВА ЗА ДНЕС 😊