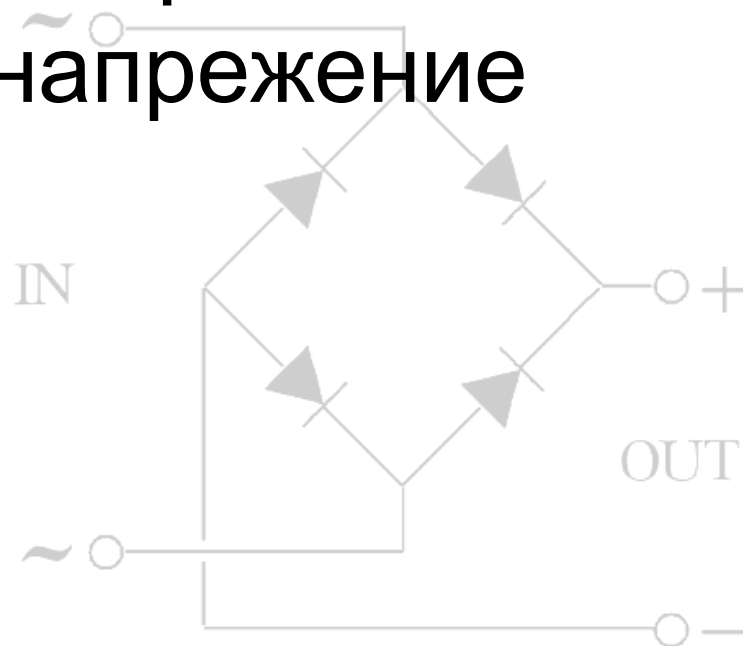
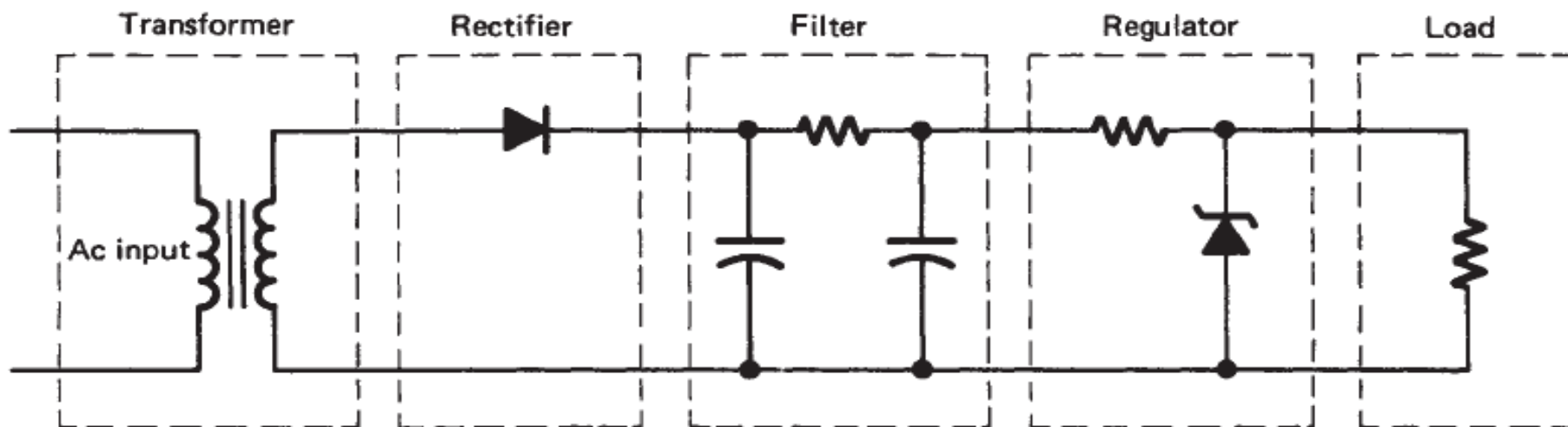




3. Схеми с диоди: токоизправители и стабилизатори на напрежение, ограничители на напрежение



Електронен захранващ модул



Трансформатор:

Намалява амплитудата на мрежовото захранващо напрежение. Сърцевината е изготвена от ламинирана листовка мека стомана (токове на Фуко).

Изправяне:

Процеса на преобразуване на променливо напрежение (AC) в право напрежение (DC)

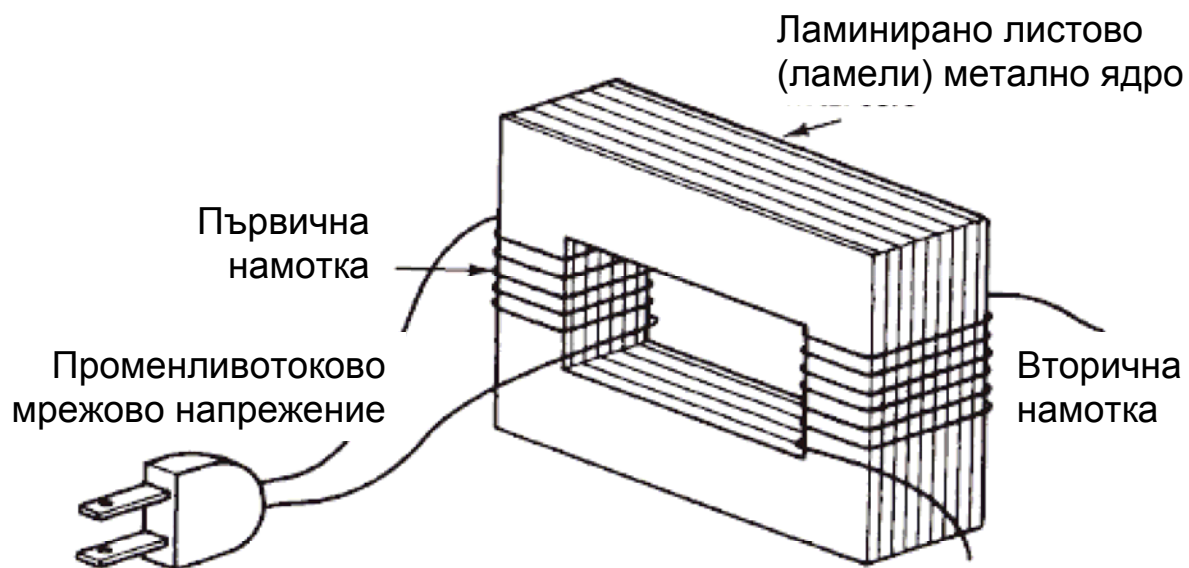
Филтриране:

Служи за изглаждане на пулсациите на изхода на изправителя. Обикновено се използва C- или L- филтър.

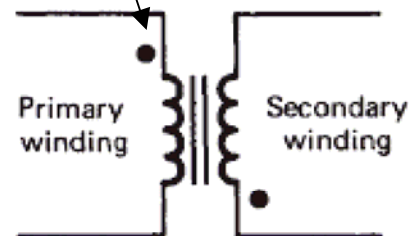
Стабилизиране:

Намалява вариациите в изходното напрежение вследствие на промени на входното напрежение и на изходния ток.

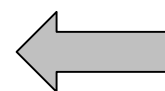
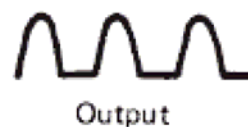
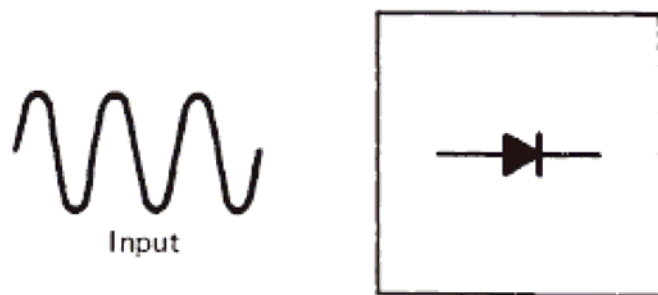
Устройство и схемен символ на мрежов трансформатор



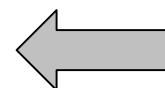
Точката указва фазата на изходната синусоида спрямо входната синусоида



Изправители (приложение на диодите)

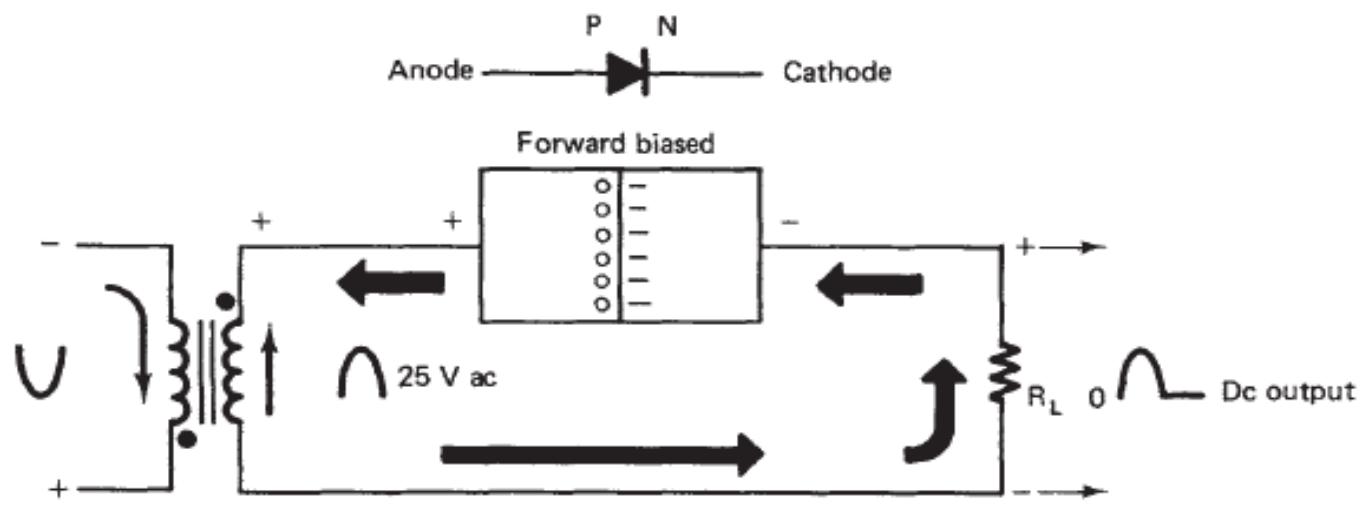


Еднополуперидно
токоизправяне

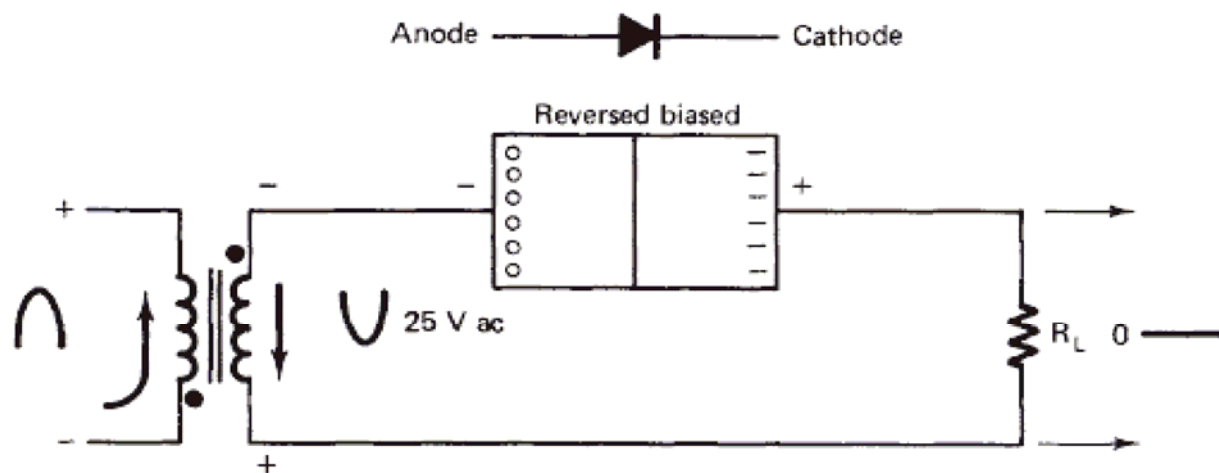


Двуполуперидно
токоизправяне

Опростено представяне на изправителната функция на диода

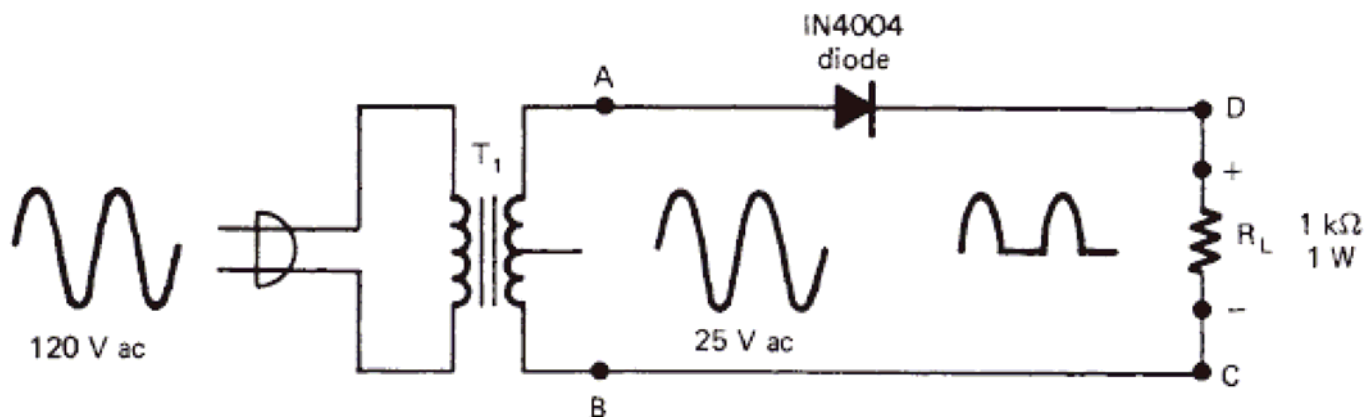


По време на положителната полуwave

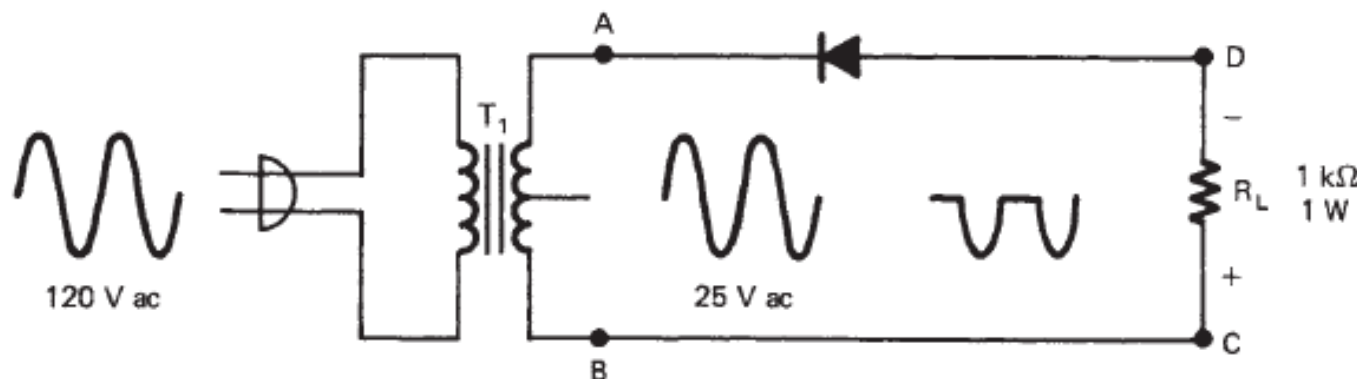


По време на отрицателната полуwave

Еднополупериоден (еднопътен) токоизправител



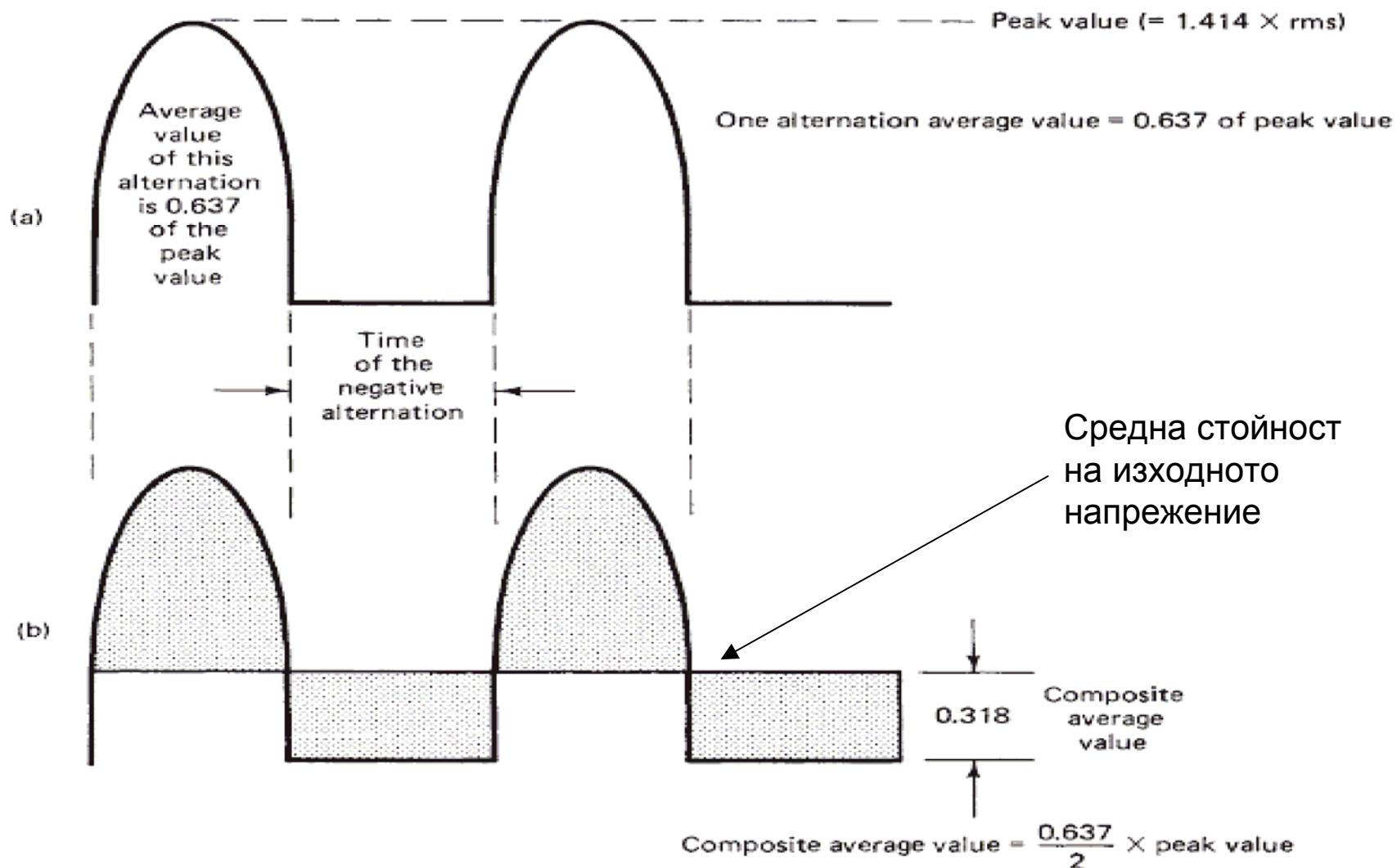
С положителна
полярност на
изхода



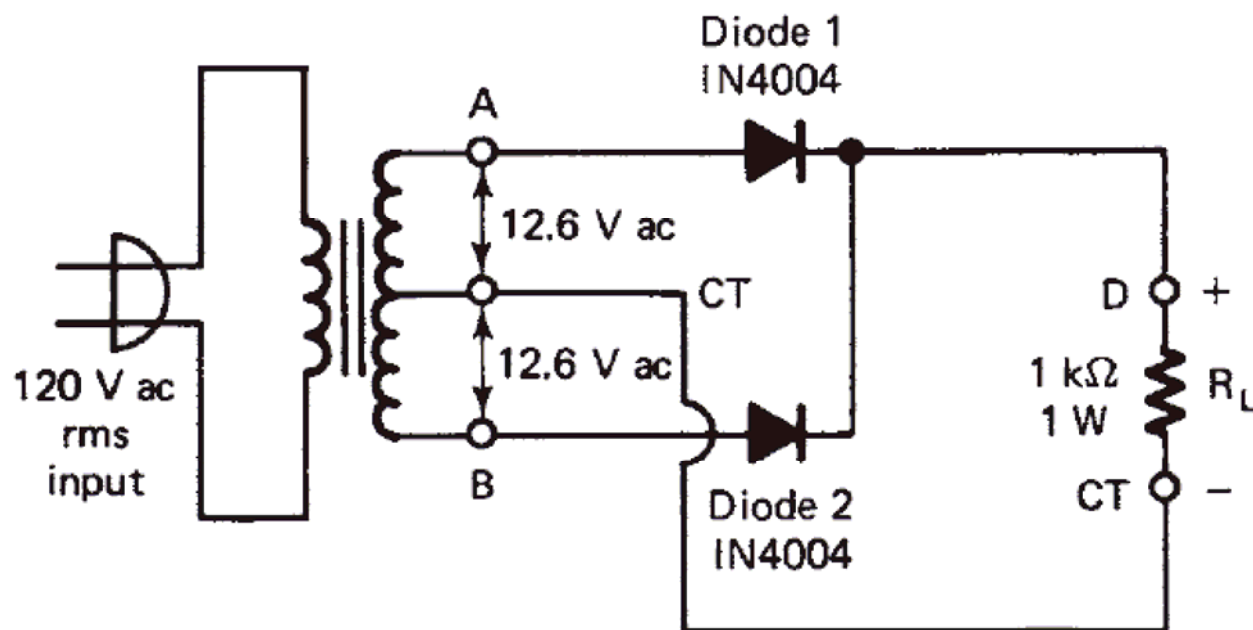
С отрицателна
полярност на
изхода

Ефективността на тези токоизправители е само $(1.414 \times 0.637 \div 2) \times V_{\text{RMS}} - 0.6\text{V}$ или около 45%, което прави тези схеми рядко използвани.

Изчисляване на ефективността на еднопътен токоизправител

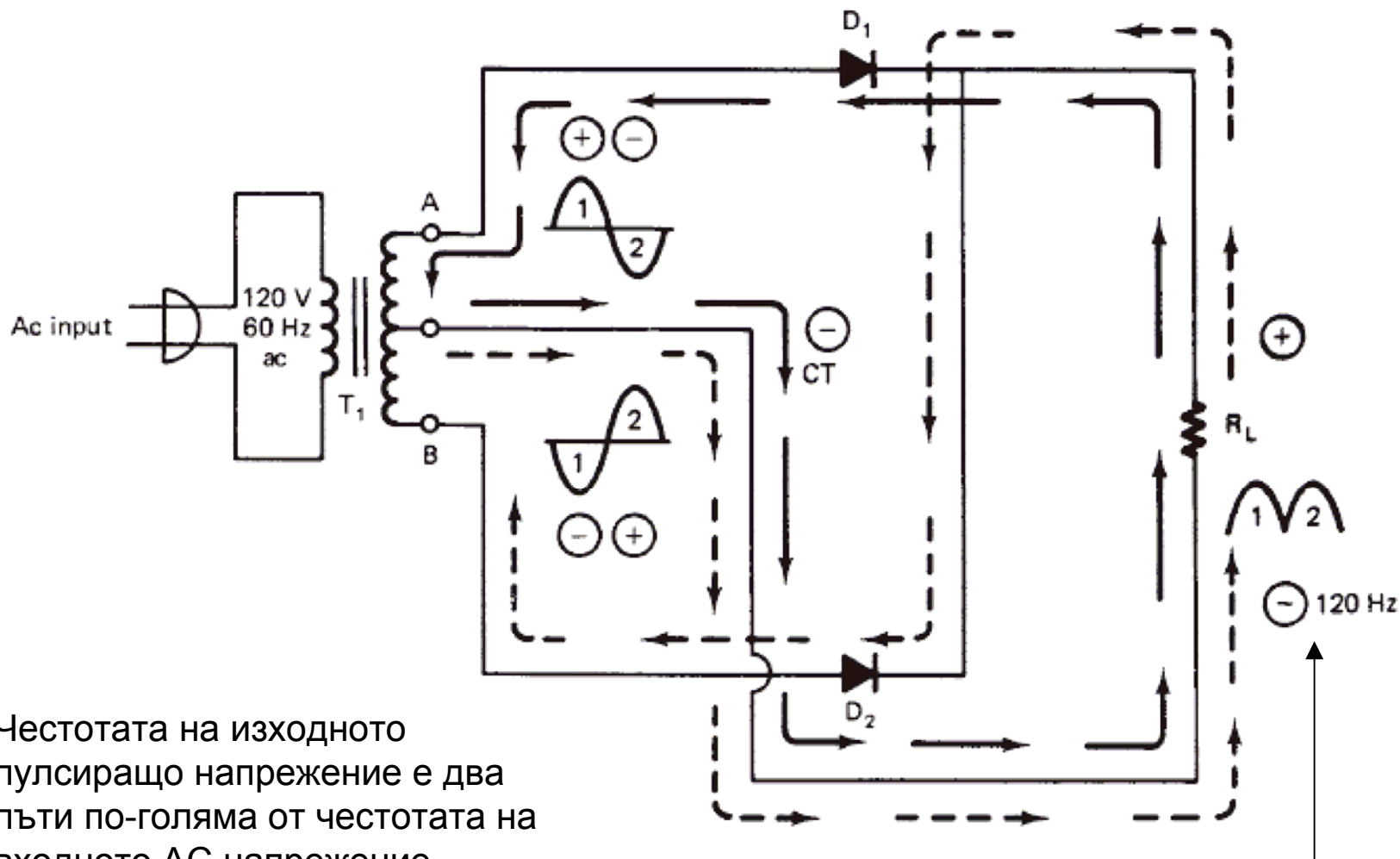


Двуполупериодно (двупътно) токоизправяне с трансформатор със средна точка



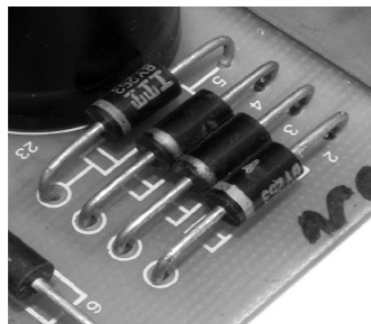
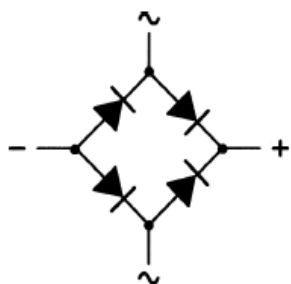
Ефективността на тези токоизправители е $(1.414 \times 0.637) \times V_{\text{RMS}} - 0.6\text{V}$ или около 90%, което прави тези два пъти по-ефективни от еднополупериодните токоизправители.

Двуполупериодно токоизправяне с трансформатор със средна точка - токове

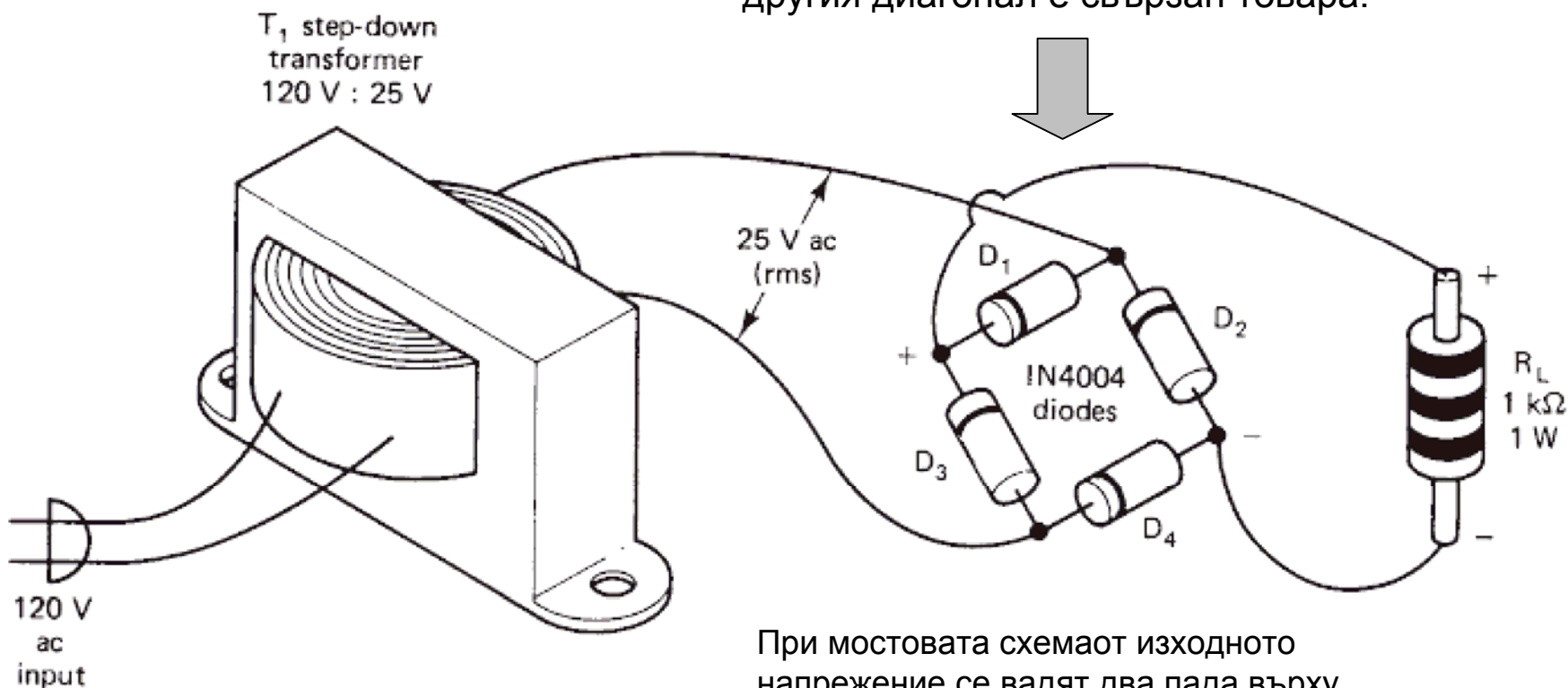


Честотата на изходното пулсиращо напрежение е два пъти по-голяма от честотата на входното AC напрежение.

Двуполупериоден мостов токоизправител

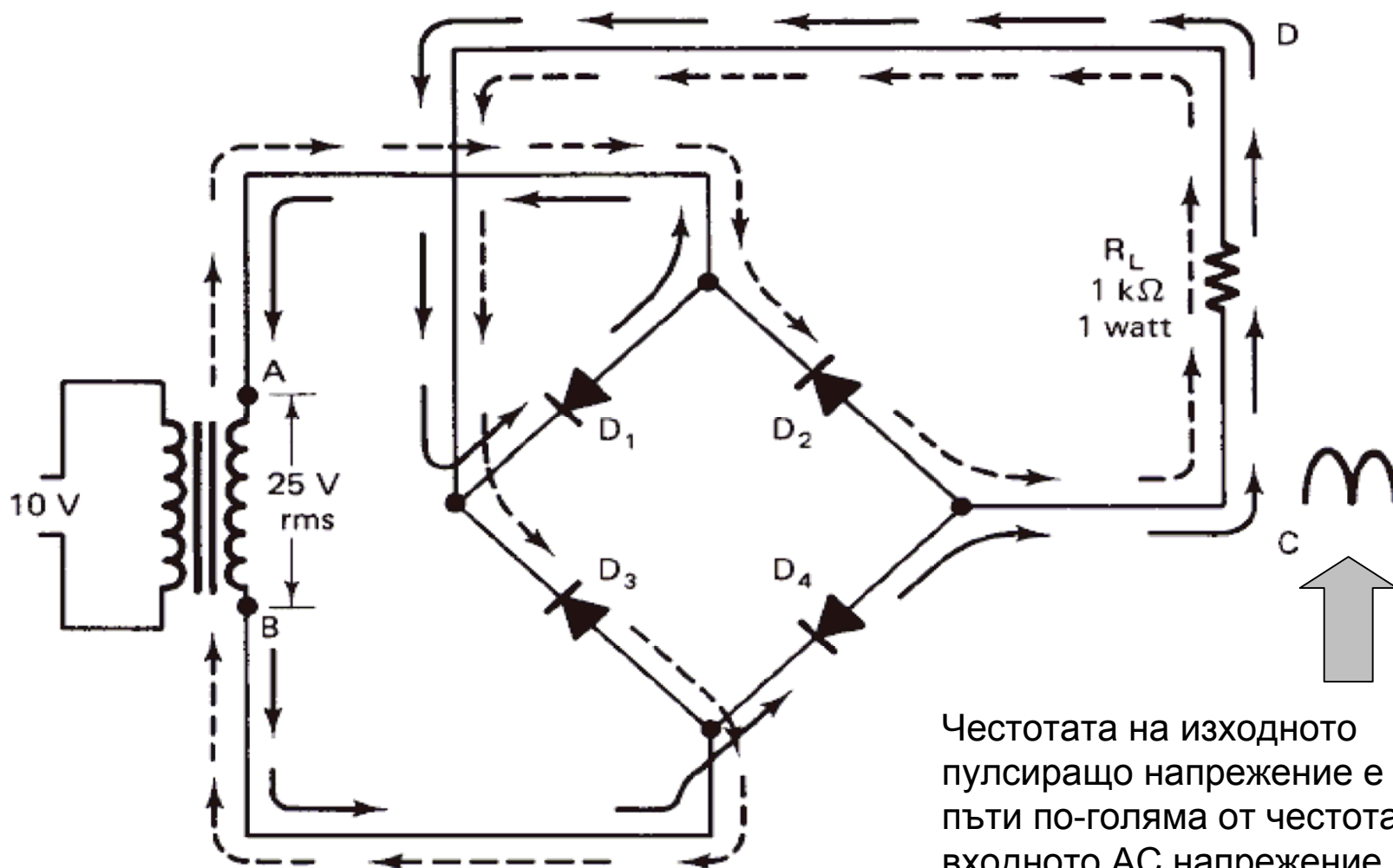


Диодите са свързани по мостова схема: в единия диагонал на моста е свързано променливотоковото захранване, а в другия диагонал е свързан товара.

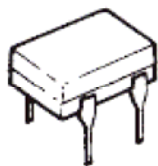


При мостовата схема от изходното напрежение се вадят два пада върху диодите, тоест не 0.6V, а 1.2V.

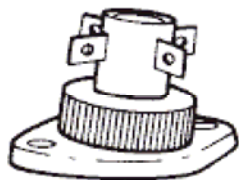
Двуполупериоден мостов токоизправител - ТОКОВЕ



Мостови токоизправители – комерсиални корпуси



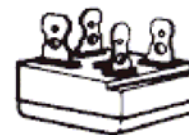
DIP-корпус (Dual-In-line Package)



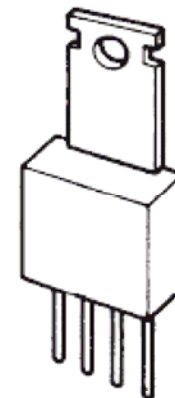
Корпус, монтиран
върху радиатор



Пластмасов корпус
(епоху)

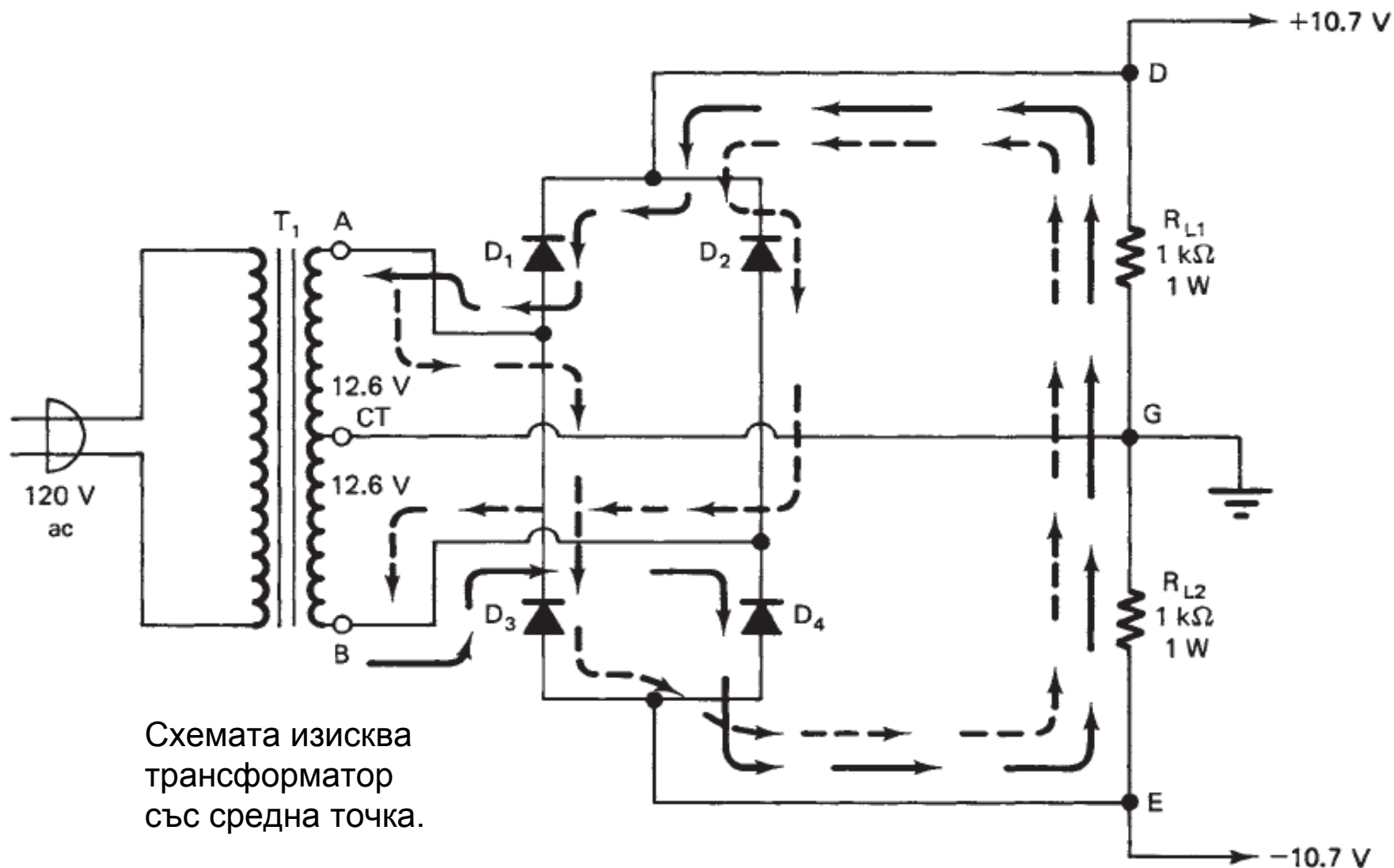


Tab-pack корпус



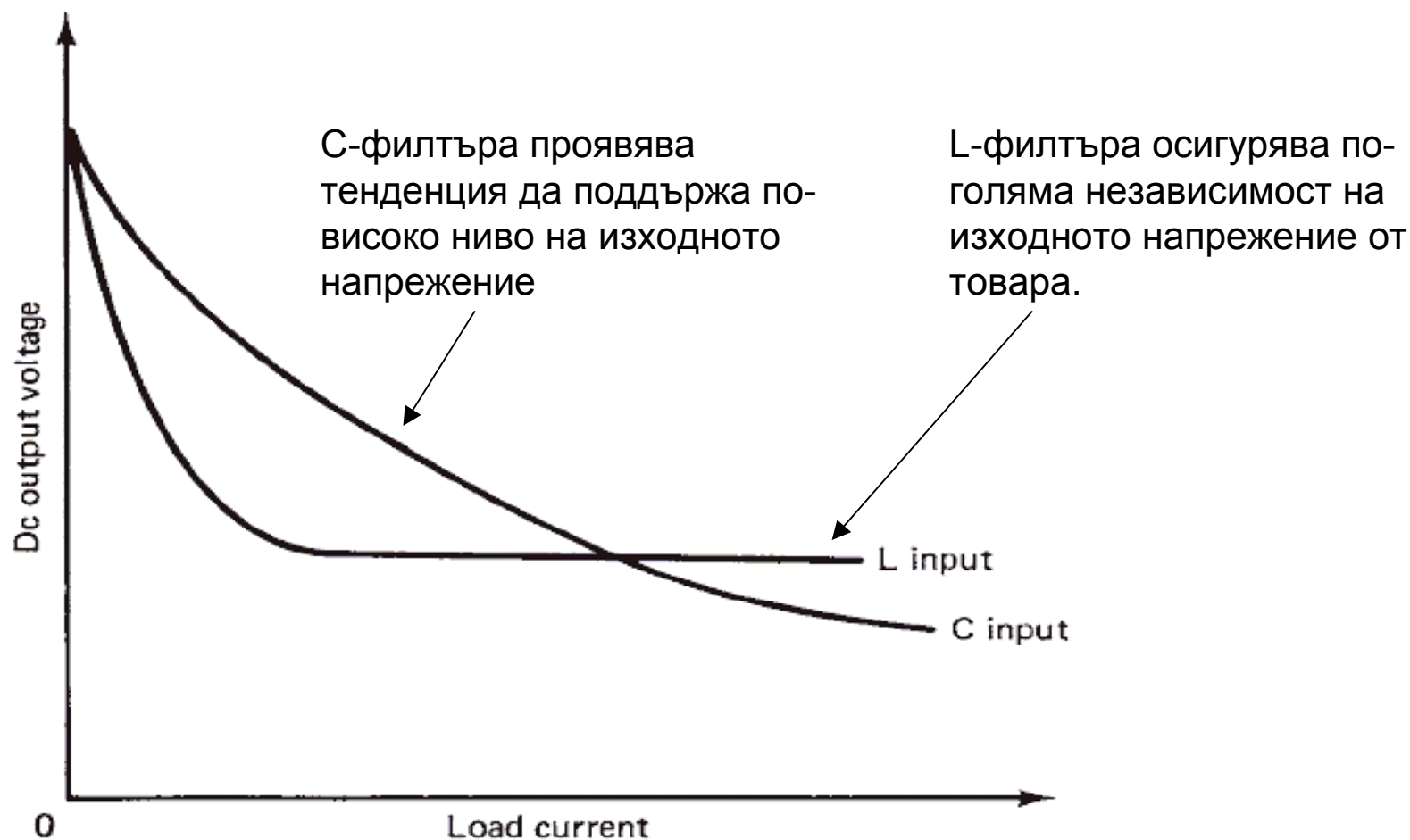
Thermotab корпус

Двоен токоизправител по мостова схема

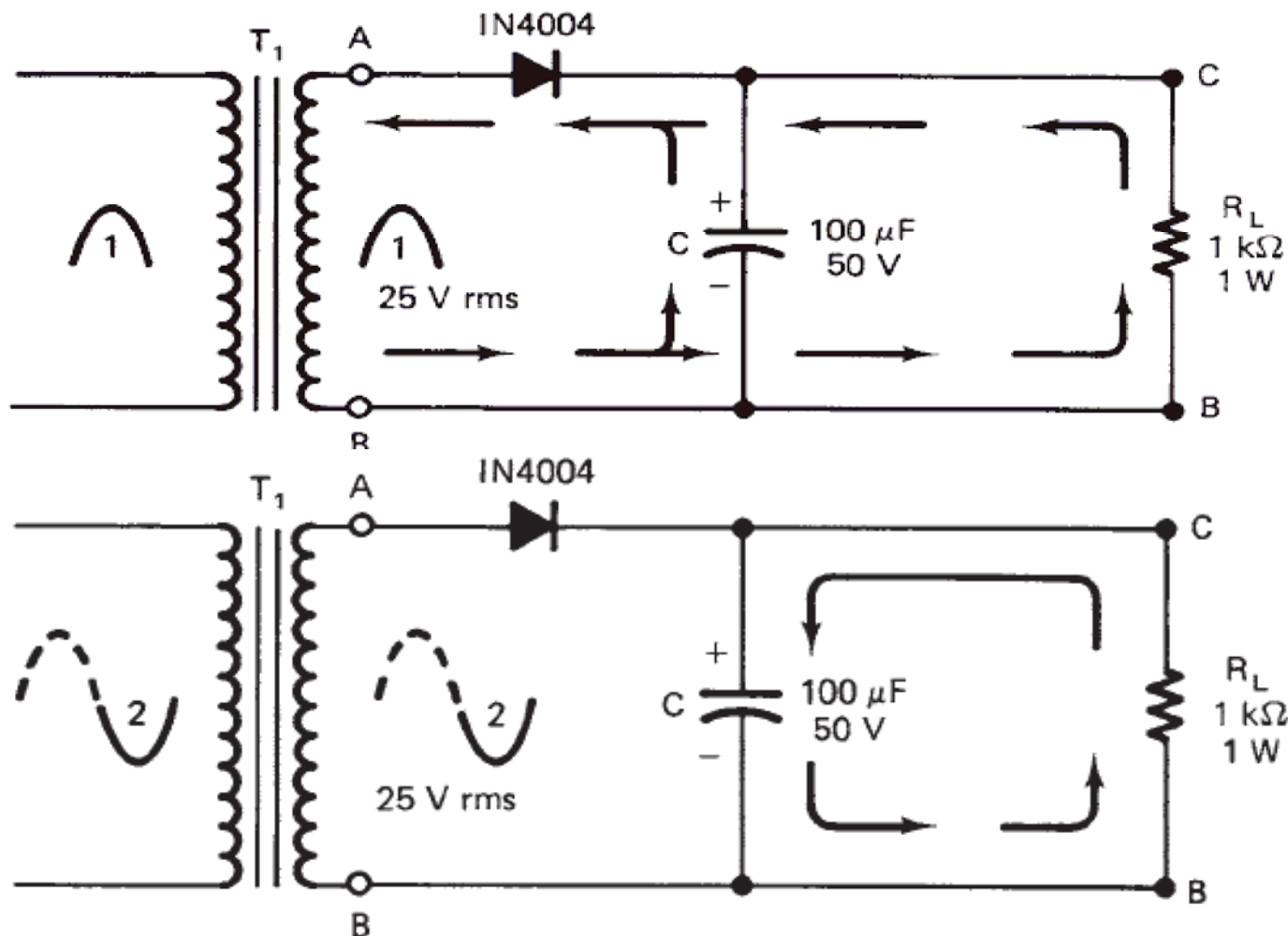


Схемата изисква
трансформатор
със средна точка.

Филтър за изглаждане на пулсациите



С-филтри за изглаждане на пулсациите

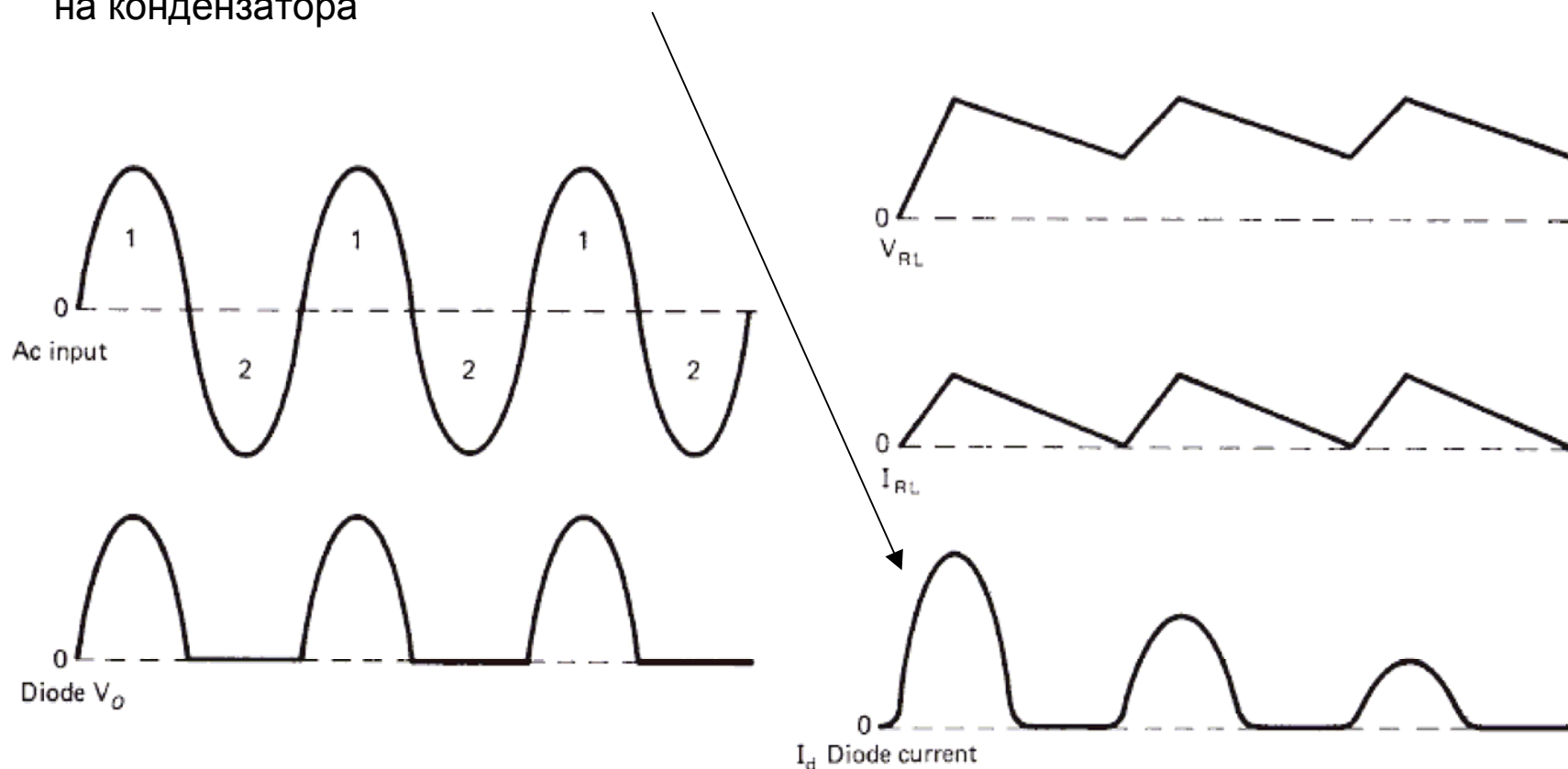


Положителната полувървна зарежда кондензатора и осигурява ток през товара.

По време на отрицателната полувървна тока през товара се осигурява от кондензатора.

Времедиаграми на филтъра за изглаждане на пулсациите на диодния изправител (еднополупериоден)

Пик на диодния ток за начално зареждане
на кондензатора



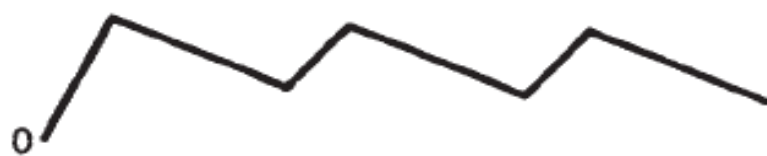
Сравнение на филтрацията на изходното напрежение на еднопътен и на двупътен токоизправител



10 V rms input



Rectifier output



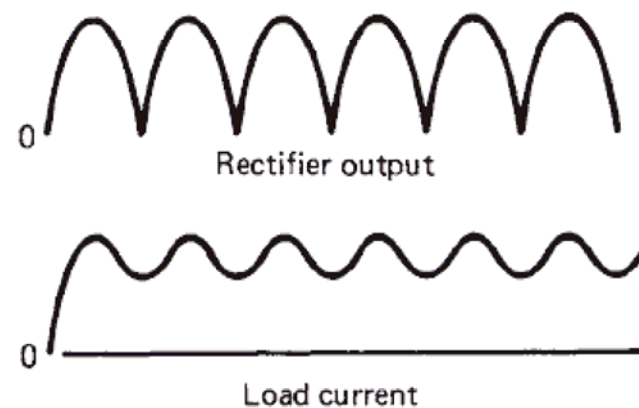
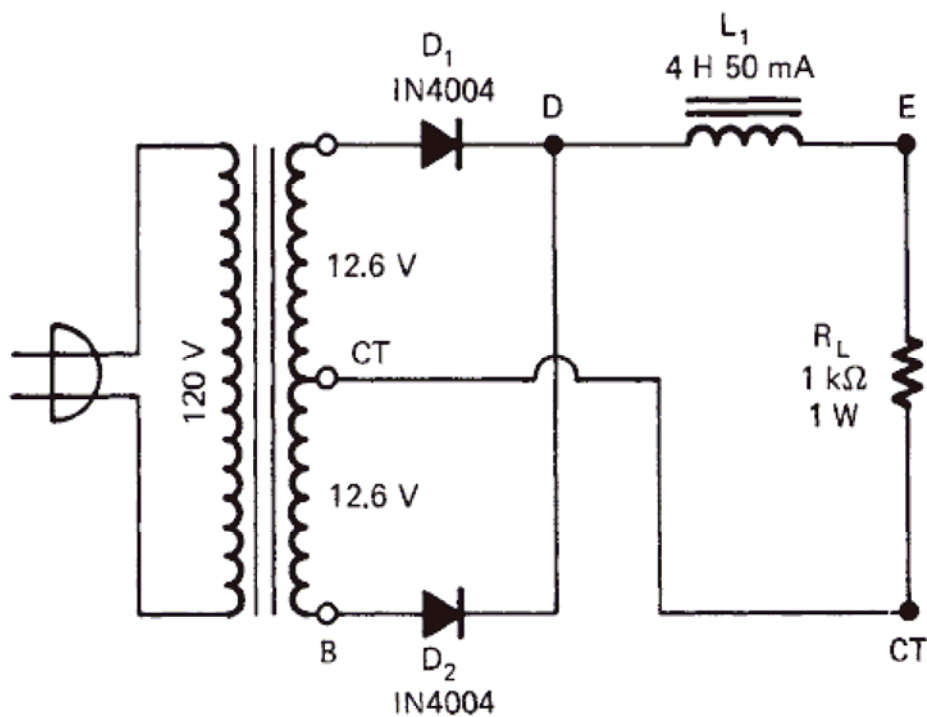
Filter output



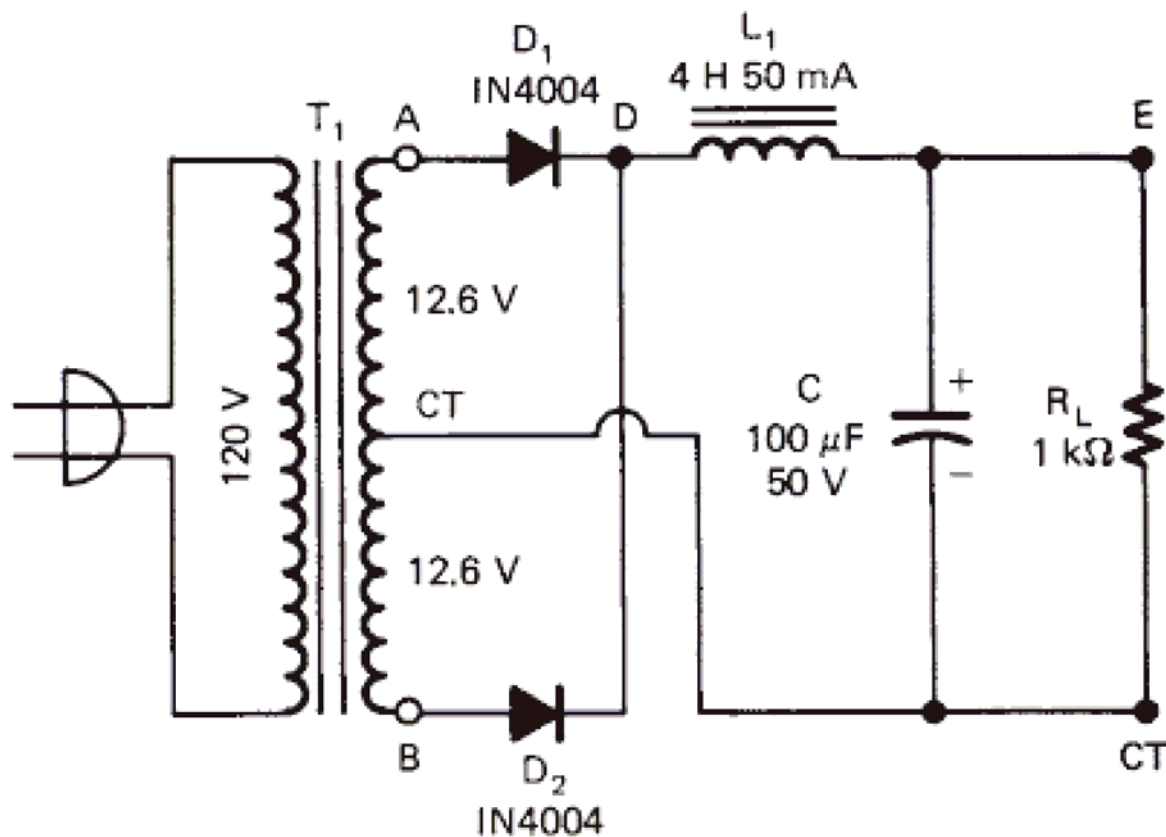
Два пъти по-често дозареждане на кондензатора резултира в по-малки пулсации на изхода.

Индуктивен филтър (choke = дросел)

Индуктивността се съпротивлява на промени в изходния ток. По такъв начин подобен тип филтри са подходящи за поддържане на голям (и константен) ток през товара.



Индуктивно-капацитивен филтър

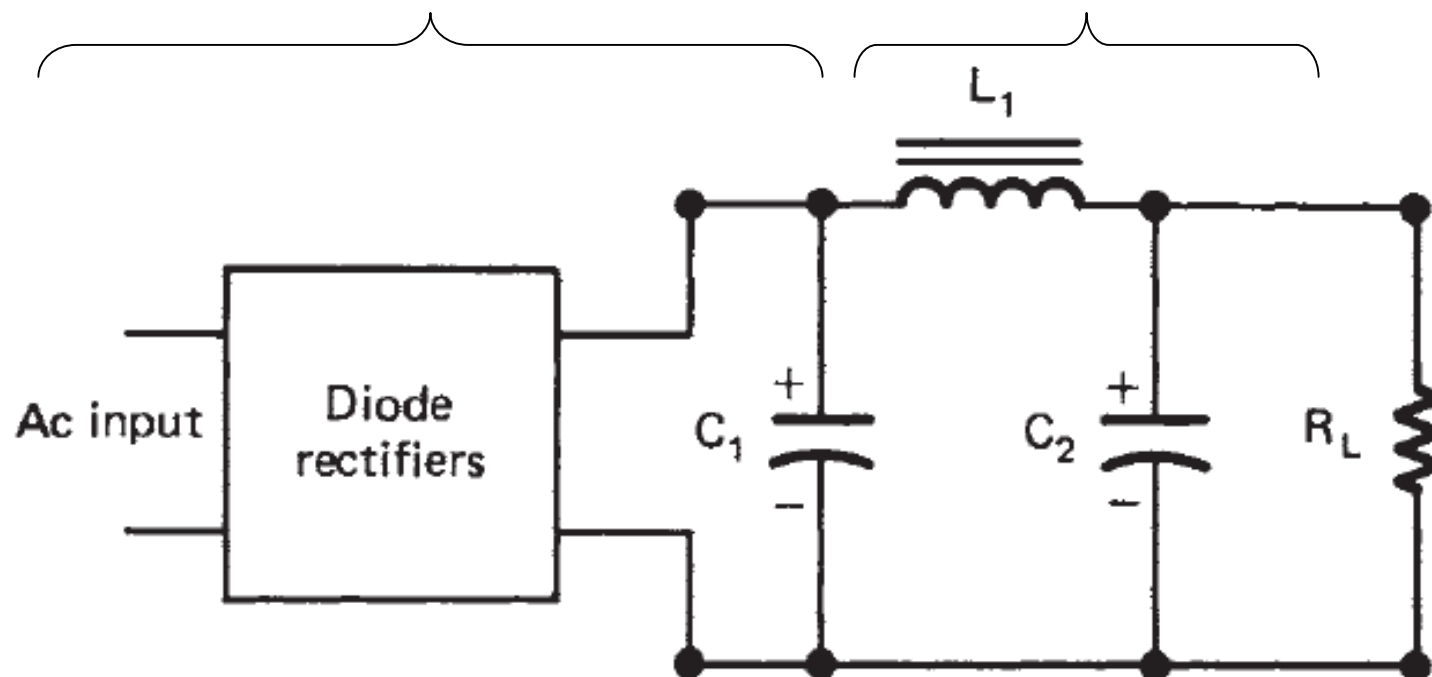


Обикновено не се използват чисто индуктивни филтри, а индуктивността се комбинира с кондензатор, като се получава L-C филтър

C-L-C филтър (π-филтър)

Стандартен C-филтър, който намалява пулсациите на двупътен или мостов токоизправител

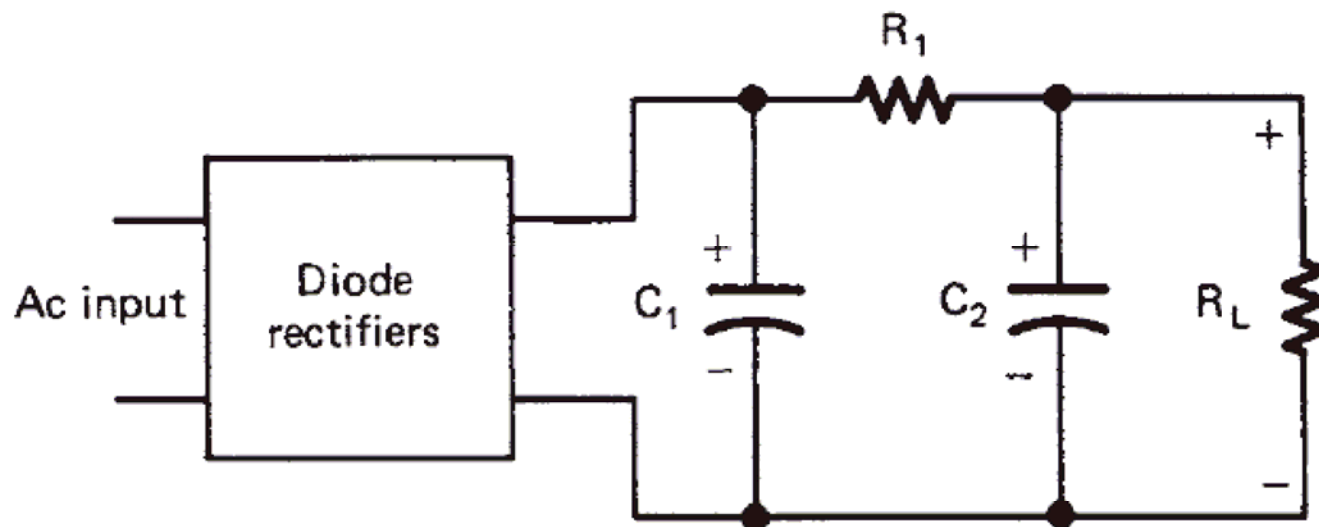
L-C филтър, който допълнително филтрира пулсациите на изхода на предишния филтър



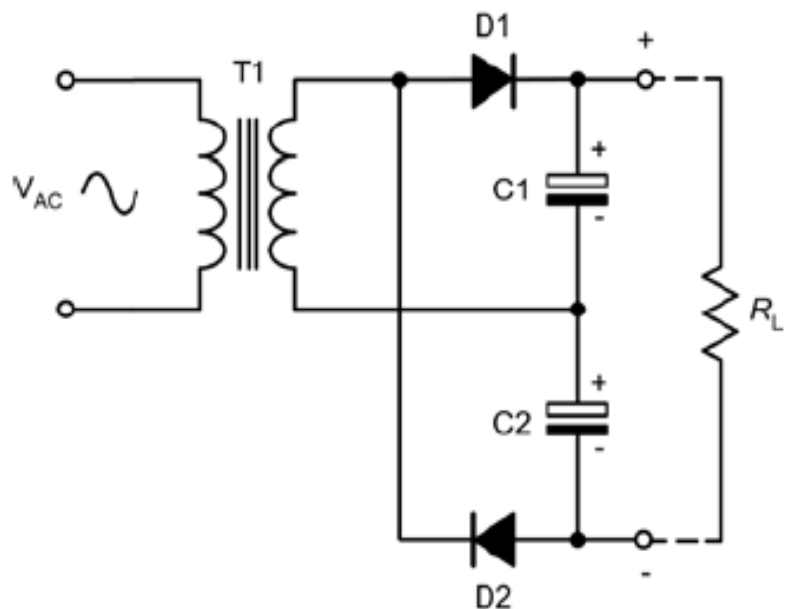
Този филтър обикновено работи добре при малък товар.

C-R-C филтър (модифициран π -филтър)

Това е олекотена версия на стандартния π -филтър, която избягва скъпите и обемисти индуктивности. На практика индуктивността е заменена с резистор, който за съжаление намалява поради пада върху него нивото на изходното напрежение. Обикновено такива филтри се използват при захранвания до 100mA.

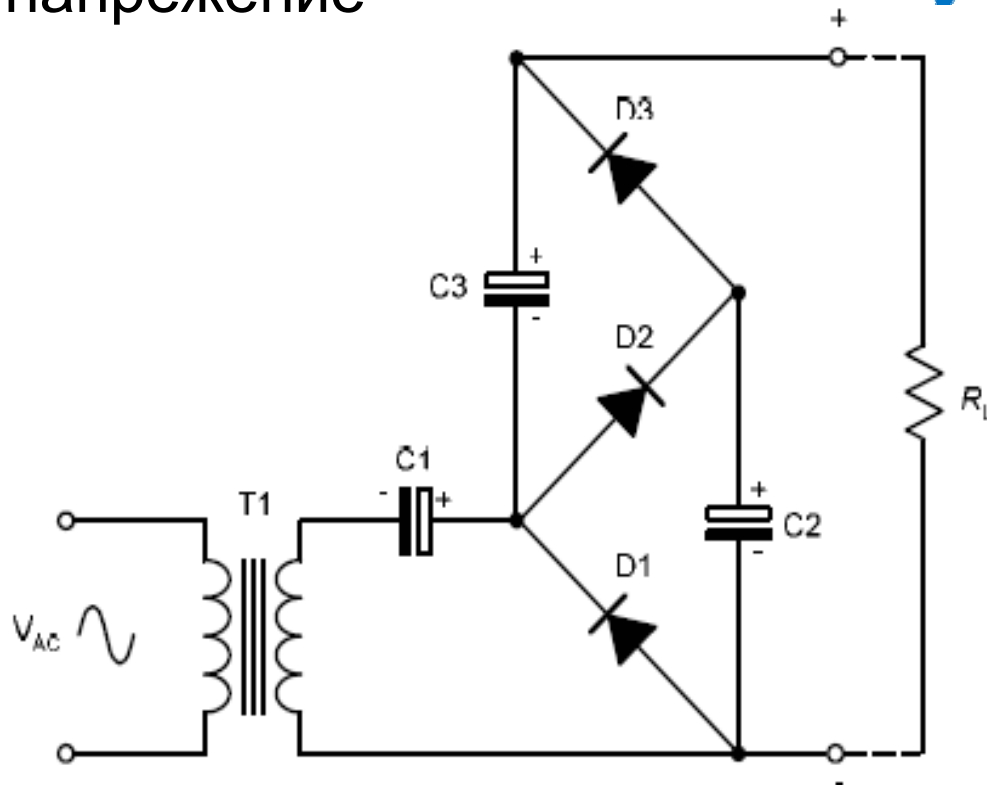


Диодни умножители на напрежение



Удвоител на напрежение:

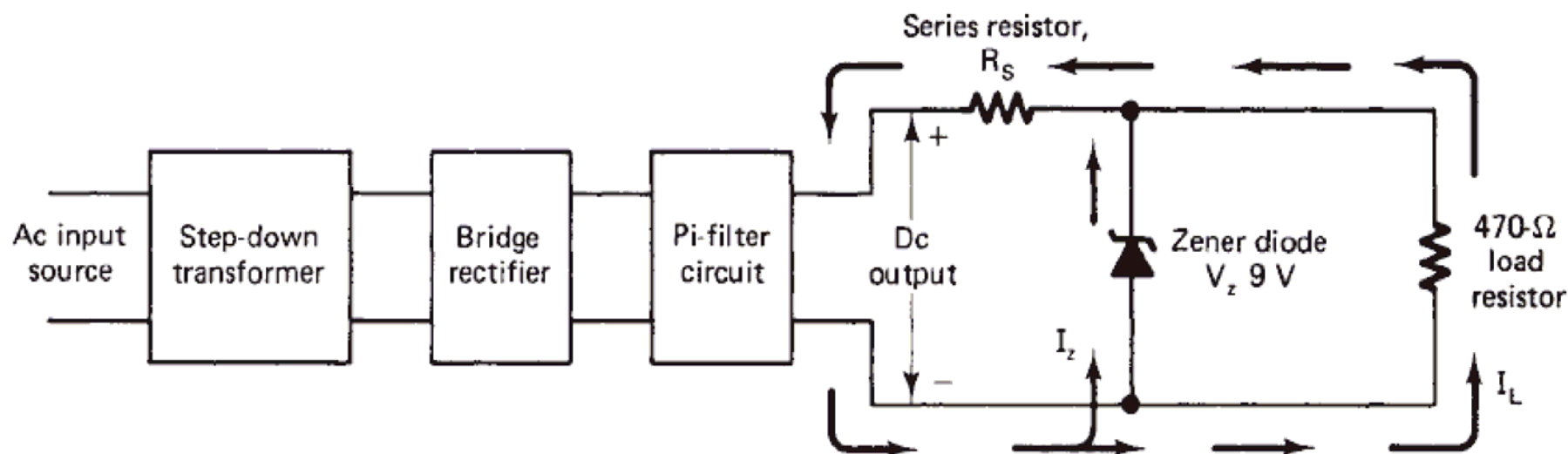
Положителната полуълна зарежда C1 през D1, а отрицателната полуълна зарежда C2 през D2. За товара R_L двата кондензатора се явяват последователно свързани и напреженията им се сумират.



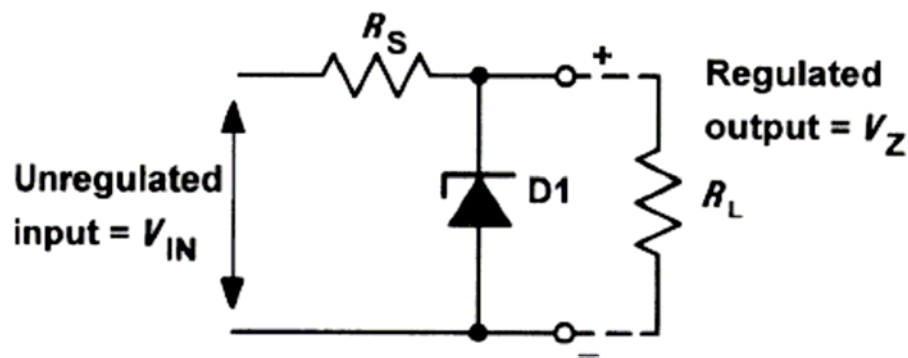
Утроител на напрежение: Отрицателната полуълна зарежда кондензатора C1 през D1. Положителната полуълна се сумира с напрежението върху C1 и зарежда C2 до двойното напрежение през D2. По време на отрицателната полуълна C2 зарежда C3 през D3. Товара R_L вижда сумата от напреженията върху C1 и C3, тоест тройното напрежение.

Схема на стабилизирано захранване, използващо ценов диод

Ценовия стабилизатор поддържа изходното напрежение чрез промяна на тока през ценовия диод, която да осигури необходимия пад върху серийното съпротивление R_S , така че да поддържа изходното напрежение константно.



Изчисляване на стабилизатор с ценеров диод



Моментът, в който схемата престава да регулира изходното напрежение, се определя от спадането на напрежението на делителя на напрежение, образуван от R_S и R_L под стойността на ценеровото напрежение V_Z .

$$R_{S \max} = R_L \times \left(\frac{V_{IN}}{V_Z} - 1 \right)$$

$$V_Z = V_{IN} \times \frac{R_L}{R_L + R_S}$$

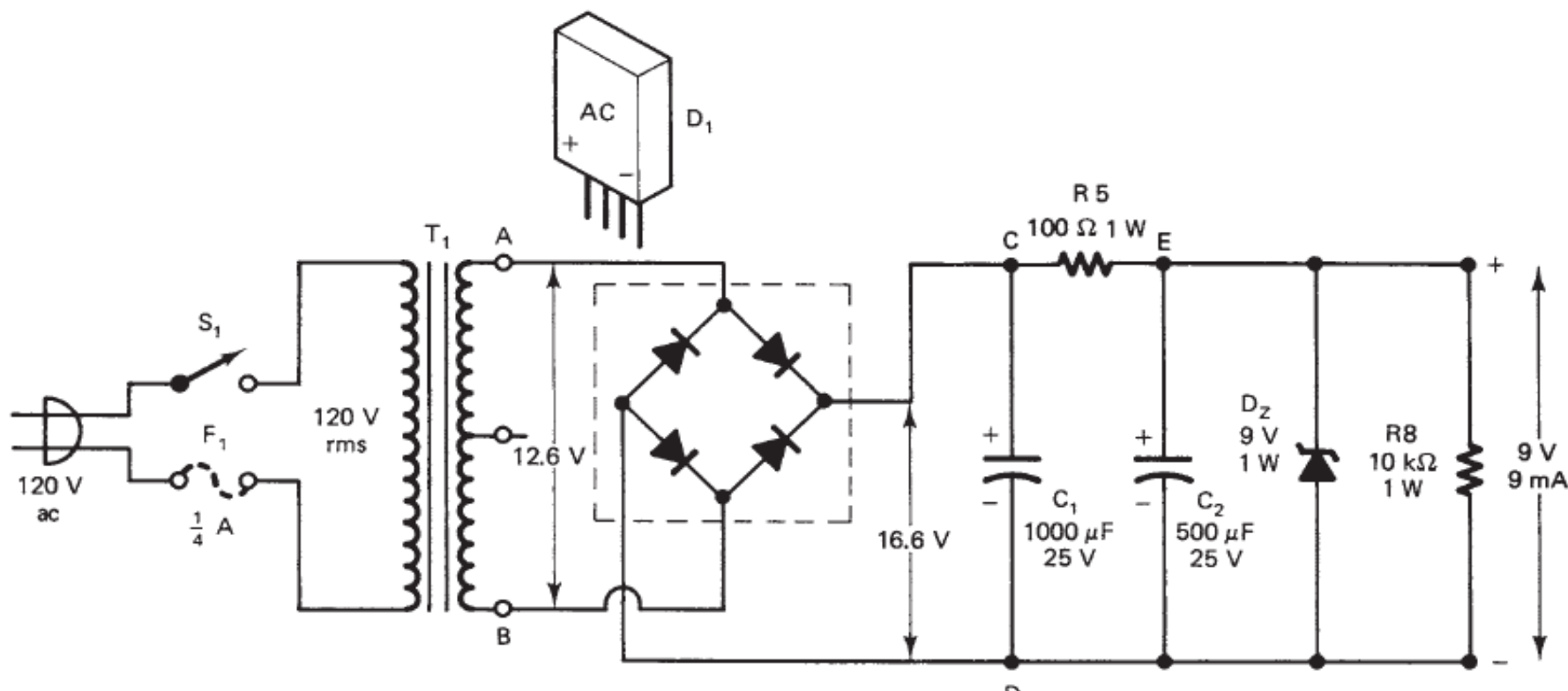
$$\begin{aligned} R_{S \min} &= \frac{V_{IN} - V_Z}{I_Z} = \frac{V_{IN} - V_Z}{(P_{Z \max} / V_Z)} \\ &= \frac{(V_{IN} - V_Z) \times V_Z}{P_{Z \max}} \end{aligned}$$

Минималната стойност на серийното съпротивление R_S се определя от максимално допустимата мощност на ценеровия диод $P_{Z \max}$ без товар на стабилизатора.

$$R_{S \min} = \frac{(V_{IN} \times V_Z) - V_Z^2}{P_{Z \max}}$$

Практическа схема на стабилизирано 9V захранване с ценеров диод

Схемата съчетава използването на C-R-C филтър и ценеров диоден стабилизатор, като резистора R5 играе роля и на резистор във филтъра и на сериен резистор в стабилизатора.



Изчисляване на стабилизирано 9V захранване с ценов диод на празен ход

1. Изчисляване на изходното напрежение на изправителя: $(12.6 \times 1.414 - 1.2)V = 16.6V$
2. Изчисляване на необходимия пад на напрежение върху серийното съпротивление R_S на стабилизатора: $(16.6 - 9)V = 7.6V$
3. Изчисляване на общия ток през серийното съпротивление R_S : $7.6V / 100\Omega = 76mA$
4. Изчисляване на тока през фиксирания постоянен $10k\Omega$ товар: $9V / 10k\Omega = 0.9mA$
5. Изчисляване на тока през ценовия диод като разлика на общия ток през серийното съпротивление на стабилизатора и тока през постоянния товар: $0.076A - 0.0009A = 0.0751A = 75.1mA$ (при максимален ток за конкретния 1W ценов диод от $1W / 9V = 111mA$)

Изчисляване на стабилизирано 9V захранване с ценеров диод под товар

1. Приемаме, че стабилизатора е натоварен с 270Ω
2. Общия товар, който вижда захранването е $10k\Omega$ в паралел с 270Ω или 263Ω
3. Изчисляване на общия ток през товара: $9V / 263\Omega = 34.2mA$
4. Изчисляване на тока през ценеровия диод: $76mA - 34.2mA = 41.8mA$

Както се вижда за да поддържа стабилно изходното напрежение при увеличаване на товара (намаляване на товарното съпротивление) ценеровия диод започва да провежда все по-малко ток. В граничния случай той ще престане да провежда ток, като общия ток през серийното съпротивление се пренасочва директно към товара. В случая този ток от $76mA$ е и максималния ток, който може да осигури стабилизатора, след което започва спадане на изходното напрежение (излиза се от режим на стабилизация).

При изчисляването на ценеровия стабилизатор трябва да се отчитат и вариациите на входното напрежение, които биха променили пада върху R_S , а оттам и общия ток през него.