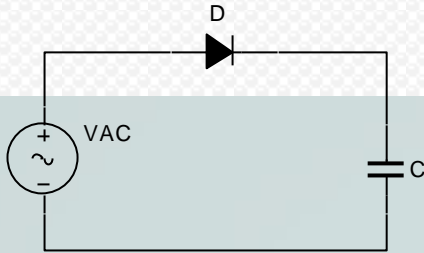


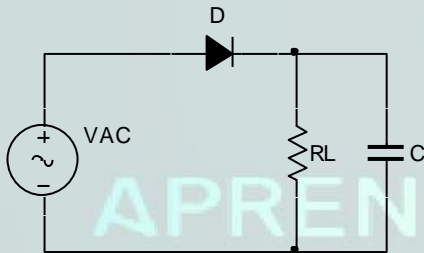
AULA: 05 - Retificadores com capacitor de filtro - Retificadores de pico

A forma pulsante da onda produzida pelo retificador é inadequada para uma fonte de alimentação contínua, pois há uma grande variação da tensão. A introdução de um capacitor na saída tende a alisar a tensão de saída reduzindo essa variação da tensão. Esse capacitor deve ser inserido em paralelo com o resistor de carga e vai funcionar como a seguir. Para o retificador de meia onda, o circuito a seguir.



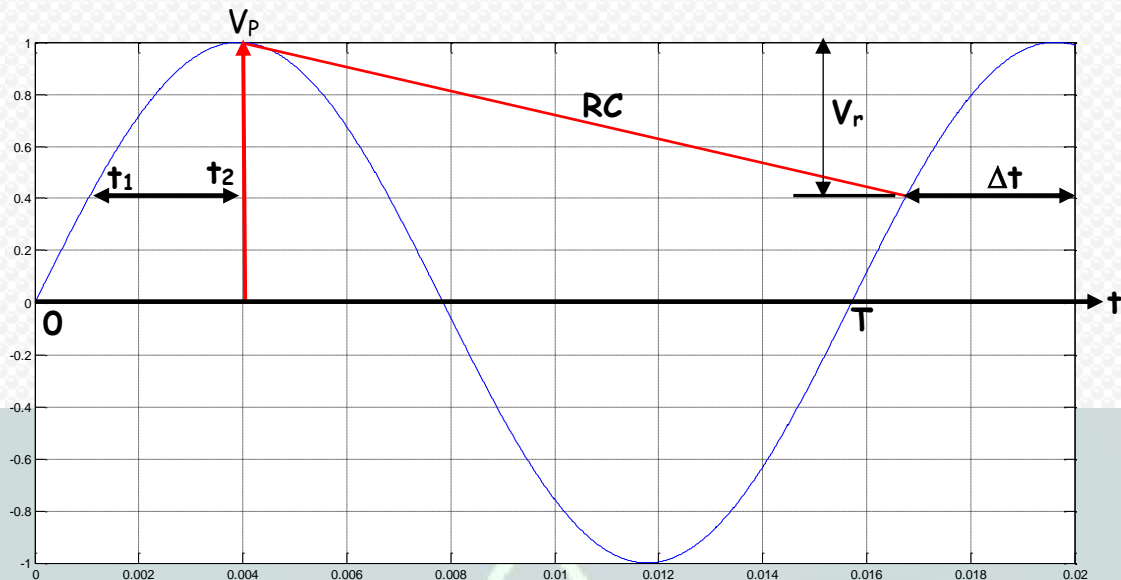
Funcionamento: No ciclo positivo, considerando um diodo ideal, o capacitor de carga com a tensão VAC de entrada até o valor de pico e a partir desse instante, o diodo corta. A tensão na saída é igual a tensão de pico da tensão VAC.

O capacitor mantém a carga, pois não há como descarregar a sua carga e a tensão CC na saída é igual a tensão de pico da tensão VAC de entrada. Na prática esse circuito possui uma carga RL que vai em paralelo com o capacitor como mostra o circuito a seguir.



Funcionamento: No ciclo positivo, considerando um diodo ideal, o capacitor de carga com a tensão VAC de entrada até o valor de pico e a partir desse instante, o diodo corta. A tensão na saída é igual a tensão de pico da tensão VAC.

O capacitor alimenta a carga RL e inicia a descarga do capacitor exponencialmente e a tensão de saída diminui de valor durante todo o ciclo até que no ciclo seguinte a tensão VAC exceda a tensão no capacitor. Nesse instante o diodo entra em condução até carregar o capacitor na tensão de pico da entrada VAC e nesse instante o processo se repetirá. O valor do capacitor influencia na diminuição da descarga, tal que a constante de tempo RC, onde R é igual a RL deve ser muito maior do que o período T da tensão VAC $RC \gg T$. A figura a seguir mostra a onda de entrada e parâmetros para cálculo do capacitor e dimensionamento do diodo.



Observações sobre a forma de onda acima.

- O diodo conduz por um breve tempo Δt , o capacitor se carrega durante esse intervalo de tempo e a corrente no diodo circula neste instante;
- O diodo inicia a condução no instante t_1 e finaliza no instante t_2 , repondo a carga perdida durante o intervalo de tempo dado por RC ;
- A carga do capacitor é uma exponencial decrescente e durante a descarga do capacitor a corrente no diodo é igual a zero;
- Quando V_r é pequeno a tensão de saída V_{ODC} é praticamente a tensão de pico da tensão de entrada igual a V_p .

A tensão de saída V_{ODC} pode ser escrita como:

$$V_{ODC} = V_p - V_r/2$$

Na descarga do capacitor a expressão da tensão V_{ODC} de saída, será:

$$V_{ODC} = V_p e^{-T/RC}$$

No final do intervalo de descarga no tempo t_2 , temos:

$$V_p - V_r = V_p \cdot e^{-T/RC} \text{ por aproximação } e^{-T/RC} \cong 1 - T/RC \Rightarrow 1 - e^{-T/RC} = T/RC \text{ e a expressão fica:}$$

$$V_r = V_p(1 - e^{-T/RC}) = V_r = V_p \cdot T/RC$$

Para calcular o capacitor $C = \frac{V_p}{V_r R} T$ ou $C = \frac{V_p}{f V_r R}$ ou $V_r = \frac{V_p}{f R C}$

O ângulo de condução do diodo $\omega\Delta t$ é obtido pela expressão $V_p \cos(\omega\Delta t) = V_p - V_r$, fica:

$$\omega\Delta t = \sqrt{2 \frac{V_r}{V_p}}, \text{ onde } \omega = 2\pi f \text{ e } \cos(\omega\Delta t) = 1 - 1/2 ((\omega\Delta t)^2) \text{ em radianos.}$$

A corrente média do diodo será:

$$I_{D0} = I_L (1 + \pi \sqrt{2 \frac{V_p}{V_r}})$$

A corrente máxima no diodo será:

$$I_{D\max} = I_L (1 + 2\pi \sqrt{2 \frac{V_p}{V_r}})$$

Retificadores em onda completa com filtro - Retificador de pico

Assim como o retificador de meia onda, o capacitor C de filtro é inserido em paralelo com o resistor de carga R_L . Igualmente o retificador de meia onda o capacitor se carrega com o valor máximo e se descarrega a partir desse instante, no entanto, o ponto onde inicia a condução do diodo e recarga do capacitor ocorre em $T/2$, pois a frequência do retificador em onda completa é o dobro da frequência do retificador de meia onda. A expressão da tensão substitui o T por $T/2$ e V_r fica:

$$V_r = \frac{V_p}{2fRC}$$

O ângulo de condução do diodo $\omega\Delta t$ é obtido pela expressão $V_p \cos(\omega\Delta t) = V_p - V_r$, fica:

$$\omega\Delta t = \sqrt{2 \frac{V_r}{V_p}}, \text{ onde } \omega = 2\pi f \text{ e } \cos(\omega\Delta t) = 1 - 1/2 ((\omega\Delta t)^2) \text{ em radianos.}$$

A corrente média do diodo será:

$$i_{D0} = I_L (1 + \pi \sqrt{\frac{V_p}{2V_r}})$$

A corrente máxima no diodo será:

$$i_{D\text{MAX}} = I_L \left(1 + 2\pi \sqrt{\frac{V_p}{2V_r}} \right)$$

Obs: Para o caso dos diodos não ideais leva-se em consideração a queda de tensão dos diodos e substituindo-se no valor de pico V_p para qual o capacitor se carrega por $(V_p - V_{D0})$ para o circuito retificador de meia onda e de onda completa a dois diodos com tomada central no transformador e $(V_p - 2V_{D0})$ para o circuito retificador em onda completa em ponte.

Exercício: Em um retificador de pico meia onda é alimentado por uma tensão senoidal de 60Hz, onde o valor de pico é de 100V. Para o resistor de carga igual a 10KΩ, calcular:

- O valor do capacitor C que resultará em uma tensão de ondulação pico a pico de 2V.
- A fração do valor do ciclo de senoide no qual o diodo conduz;
- O valor do ângulo de condução do diodo;
- O valor médio e máximo da corrente no diodo.

a) O capacitor $C = \frac{V_p}{fV_r R} = \frac{100}{60 \cdot 10^4 \cdot 2} = 83,3 \mu\text{F}$

b) $\omega \Delta t = \sqrt{2 \frac{V_r}{V_p}} = \sqrt{2 \frac{2}{100}} = 0,2 \text{ rad}$ e a fração será $0,2/2\pi \cdot 100 = 3,18\%$

c) O ângulo de condução do diodo em graus será:

$$\varnothing = \frac{360 \times 0,2}{2\pi} = 11,4^\circ$$

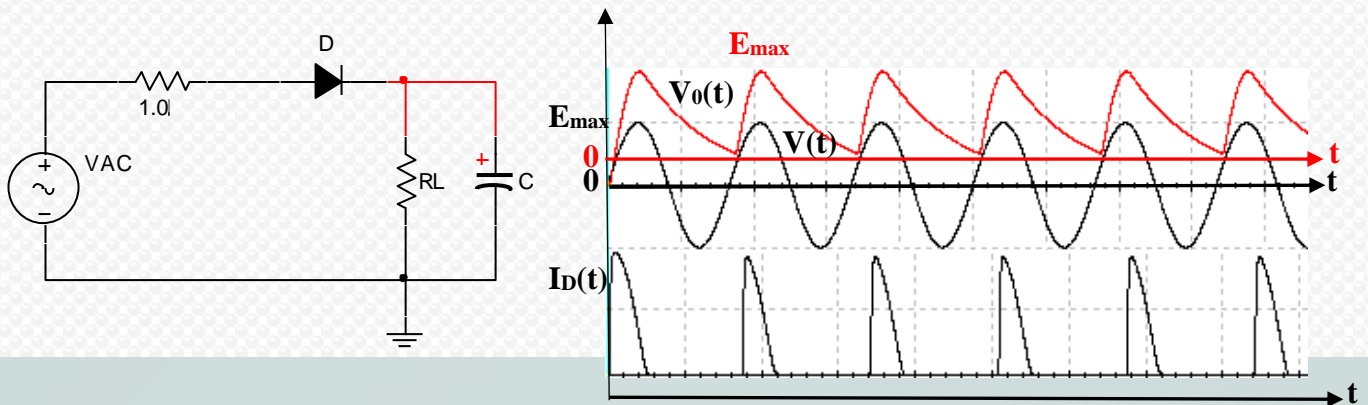
d) A corrente $I_L = 100/10^4 = 10\text{mA}$

$$I_{D0} = I_L \left(1 + \pi \sqrt{2 \frac{V_p}{V_r}} \right) = 10 \left(1 + \pi \sqrt{2 \cdot 100 / 2} \right) = 324\text{mA}$$

A corrente máxima pelo diodo será:

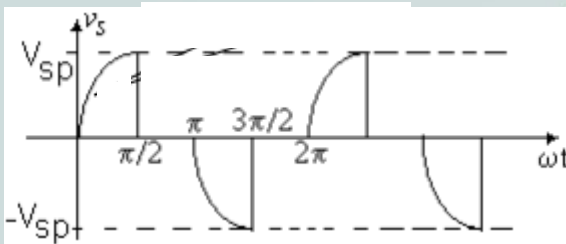
$$I_{D\text{max}} = I_L \left(1 + 2\pi \sqrt{2 \frac{V_p}{V_r}} \right) = 10 \left(1 + 2\pi \sqrt{2 \cdot 100 / 2} \right) = 638\text{mA}$$

Formas de ondas na carga e corrente no diodo para o retificador meia onda.



Exercícios de diodos retificadores

1. Para a forma de onda abaixo, calcular o valor médio e eficaz da onda.



Resposta: $V_{0DC} = 2V_{SP}/3\pi$ e $V_{ORMS} = V_{SP}/\sqrt{6}$

2. Considere um circuito retificador em ponte com um capacitor de filtro em paralelo com um resistor de carga de 100Ω para o caso da alimentação de um secundário de transformador de $15V_{rms}$ e $60Hz$. Assumindo $V_D = 0,9 V$ na condução, a) encontre o valor do capacitor para uma tensão máxima de Ripple de $1,5 V_{pp}$ (pico-a-pico). b) Qual a tensão média (DC) de saída? Encontre: c) o ângulo de condução do diodo, d) a corrente média no diodo. e) a corrente máxima no diodo e f) a tensão reversa máxima no diodo (PIV)?

Resposta: a) $C=1078,5\mu F$ b) $V_{0DC}=18,663V$ c) $\hat{A}=22,53^\circ$ d) $I_L=1,744A$ e) $I_L=3,295A$ f) $PIV=20,31$.

3. Projetar um retificador de onda-completa em ponte ($0,7 V$ quando conduzindo) e filtro RC de saída para obter-se uma tensão DC de saída de $10 V$ com uma ondulação de $\pm 0,5V$ (ripple) para um resistor de 150Ω . O retificador é alimentado por um transformador cuja tensão do primário é $120V_{rms}$ por $60 Hz$. (a) Especifique a tensão em RMS que deve ter o secundário do transformador. (b) Encontre o valor requerido para o capacitor. (c) Encontre



Eletrônica básica

a máxima tensão reversa que aparecerá nos diodos. (d) Encontre a corrente média de condução dos diodos. (e) Calcule a corrente máxima que dever suportar os diodos.

Resposta: a) $V_s=8,4145V$ b) $C=583,33\mu F$ c) $PIV=23,1V$ d) $I_{DMED}=0,57388A$ e) $I_{DMAX}=1,07776A$.

4. Um retificador em ponte de onda completa com uma entrada senoidal de $120V_{RMS}$ possui um resistor de carga de $1k\Omega$.

- Se forem empregados diodos de silício, qual será a tensão CC disponível na carga?
- Determine a especificação da PIV necessária para cada diodo.
- Encontre a corrente máxima através de cada diodo durante a condução.
- Qual a potência nominal exigida de cada diodo?

Resposta:



APRENDER ELETRÔNICA
"MISSÃO POSSÍVEL"