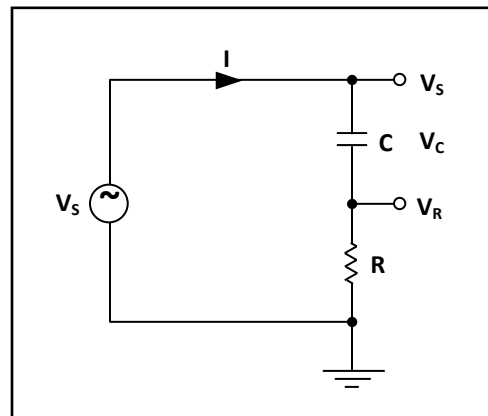


### CIRCUITO RC SERIE EN CORRIENTE ALTERNA

En todos los cálculos que se hagan de aquí adelante, nos referiremos a los valores efectivos de la corriente y el voltaje con las letras  $I$  y  $V$  respectivamente.

Cuando unimos un capacitor y una resistencia a la fuente de voltaje alterno, fluirá en el circuito corriente eléctrica  $I$ , como lo muestra la siguiente figura:



Para obtener el valor de la tensión en el capacitor utilizamos la siguiente fórmula, que es ni más ni menos la aplicación de la Ley de Ohm:

$$V_C = I * X_C$$

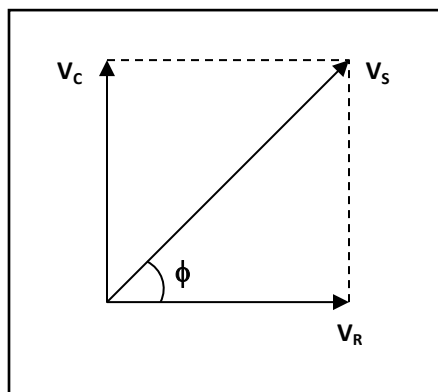
El voltaje en la resistencia será igual a:

$$V_R = I * R$$

A pesar que el voltaje de la fuente es equivalente a la sumatoria de voltajes, no podemos realizar una unión algebraica de los dos voltajes.

La razón de esto, es debido a que el voltaje en el capacitor está desfasado  $90^\circ$  con respecto a la corriente que circula por él, y el voltaje en la resistencia se encuentra en la misma fase de la corriente que circula por ella.

Para lograr el voltaje equivalente, debemos realizar una suma vectorial.



El ángulo  $\phi$  indica la diferencia de fases entre el voltaje de la fuente  $V_S$  y el voltaje en el capacitor, y como resultado de esto, la diferencia de fase entre el voltaje y la corriente.

De acuerdo al teorema de Pitágoras:

$$V_S^2 = V_R^2 + V_C^2$$

$$V_S^2 = I^2 R^2 + I^2 X_C^2 = I^2 (R^2 + X_C^2)$$

Denominaremos a la relación entre voltaje y corriente con el nombre de impedancia y su valor será:

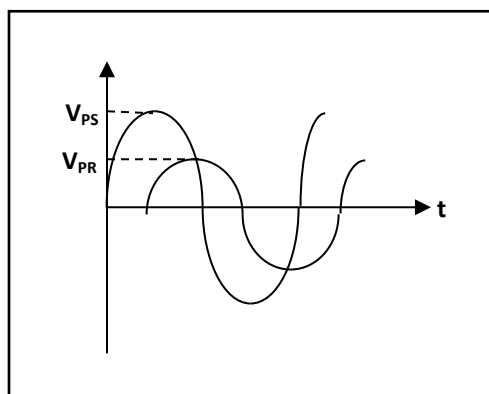
$$\frac{V_S}{I} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Tampoco acá usamos el nombre de resistencia para la diferencia de fase entre la corriente y el voltaje. La señal que recibimos para distinguir la impedancia es la letra Z.

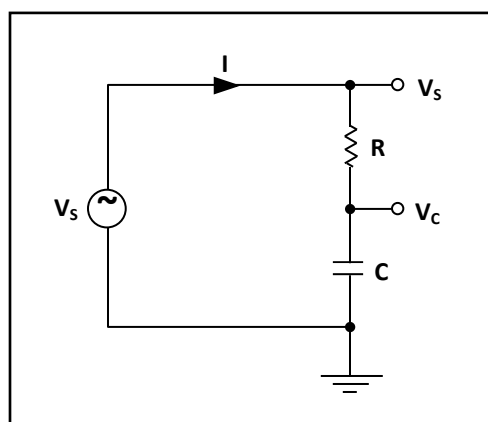
$$Z = \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + X^2}$$



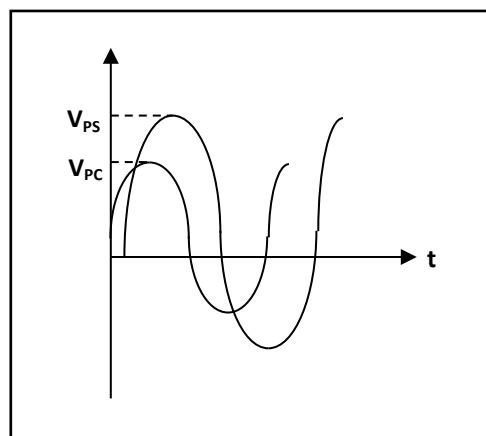
Si conectamos al osciloscopio las señales  $V_S$  y  $V_R$ , obtendremos una gráfica como la siguiente:



Si cambiamos a R y C de los lugares como en el siguiente circuito:



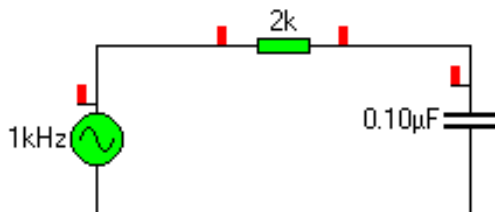
Entonces obtendremos en el osciloscopio la siguiente figura:





### PRÁCTICA:

Tenemos un circuito RC conectado a la fuente de voltaje alterno de acuerdo a los siguientes datos:



V de la fuente = 10V

### Calcule lo siguiente:

- La impedancia del circuito
- La corriente en el circuito
- El voltaje en R
- El voltaje en la Xc

### Respuestas:

- La impedancia del circuito:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi * 1000 * 0.1 * 10^{-6}} = \frac{10,000}{2\pi} = 1592\Omega$$

$$R = 2K\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{2000^2 + 1592^2} = 2556\Omega$$

- La corriente en el circuito:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{10}{2556} = 3.9\text{mA}$$

- El voltaje en R:

$$V_R = I * R = 0.0039 \text{ A} * 2000 = \underline{7.82 \text{ V}}$$

- El voltaje en Xc:

$$V_{Xc} = I * X_C = 0.0039 \text{ A} * 1592 \Omega = \underline{6.2 \text{ V}}$$

**Observe que el voltaje aplicado de 10 V no es ahora la suma aritmética de 7.82 V + 6.2 V, sino que procedemos así:**

$$V = \sqrt{(7.82V)^2 + (6.2 V)^2} = 10 \text{ V}$$





### APLICACIONES DE LOS CIRCUITOS RC

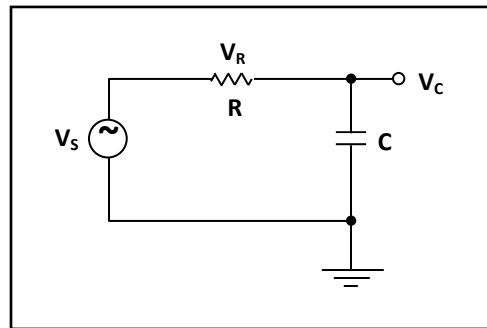
#### FILTRO PASO BAJO RC:

El valor de la impedancia (usaremos este término como el término genérico incluso para la reactancia) del capacitor depende de la frecuencia. Entre más alta sea la frecuencia, la impedancia será más baja.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

Revisaremos el comportamiento del circuito RC dependiendo de la frecuencia.

Comenzaremos con el circuito que ya fue estudiado anteriormente:



La impedancia el circuito equivale a:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

Y el voltaje en el capacitor equivale a:

$$V_C = \frac{V_s * X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

Para una señal de baja frecuencia obtendremos una  $X_C$  muy alta; por ejemplo, a una frecuencia  $f = 100\text{Hz}$ ,  $C = 0.01\mu\text{F}$  y  $R = 1\text{K}\Omega$ , obtendremos:

$$X = \frac{1}{2\pi f_C} = \frac{1}{2\pi * 100 * 0.01} = 160\text{K}\Omega$$





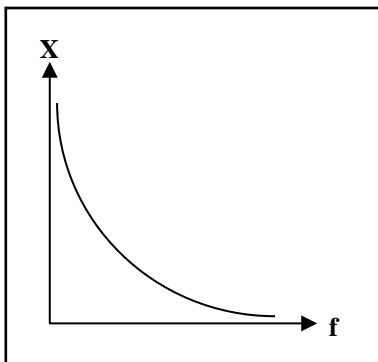
En este caso el valor  $X_C^2$  será mayor en relación a  $R^2$  y por lo tanto, se puede despreciar a  $R^2$ ; obtenemos:

$$V_C = \frac{V_s * X_C}{\sqrt{X_C^2}} = V_s$$

Todo el voltaje de la fuente estará en el capacitor.

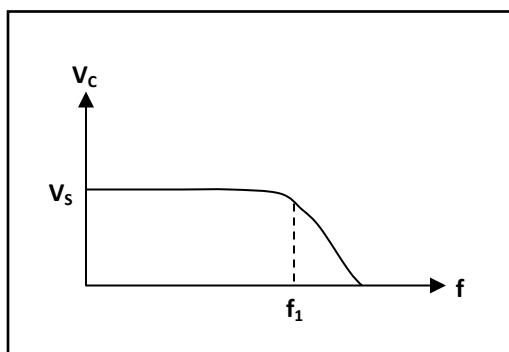
**Entre más crezca la frecuencia, la impedancia disminuye.** En el estado cuando la frecuencia es muy alta, obtenemos que  $X_C$  tiende a 0, y por lo tanto, el voltaje del capacitor tiende a 0V.

La dependencia del voltaje en el capacitor con la frecuencia, no es lineal. Este es un comportamiento de hipérbole.



La parte dominante en la respuesta del circuito a la frecuencia, proviene de la relación entre  $X_C^2$  y  $R^2$ .  $R^2$  es el tamaño fijo, y  $X_C^2$  (en su respuesta a la frecuencia) es la hipérbole al cuadrado.

La dependencia del voltaje  $V_C$  de la frecuencia, se comporta de acuerdo al gráfico siguiente:



Este circuito se usa para bajar señales en frecuencias altas, y por lo tanto se denomina



**FILTRO PASO BAJO.**

Como lo observamos en el gráfico, existe un punto específico de quiebre, donde el voltaje en el capacitor baja de una manera significativa, a este se le denomina frecuencia de corte.

Este punto de corte está muy cerca al punto  $X_c = R$ . Calcularemos el valor  $V_c$  en este punto.

$$V_c = \frac{V_s * X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = \frac{V_s * R}{\sqrt{R^2 + R^2}} = \frac{V_s * R}{\sqrt{2R^2}} = \frac{V_s * R}{R\sqrt{2}} = \frac{V_s}{\sqrt{2}}$$

$$V_{C (X=R)} = \frac{V_s}{2} = 0.707V_s$$

El valor  $V_c$  que obtenemos en el punto de quiebre o de corte  $f_1$  es  $0.707V_s$

**Atención:**

No hay ninguna relación entre el valor del voltaje en el punto de corte, con el cálculo del voltaje efectivo. Esos son dos valores que no están relacionados para nada.

Se puede calcular la frecuencia de corte  $f_1$  así:

$$X_c = R$$

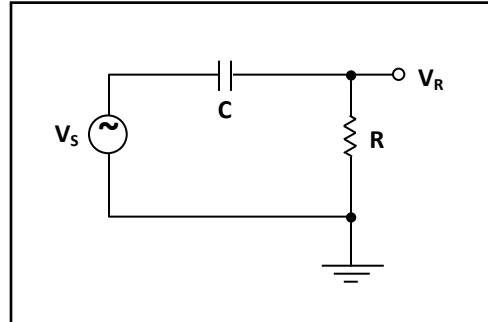
$$\frac{1}{2\pi fC} = R$$

$$\Rightarrow f_1 = \frac{1}{2\pi RC}$$



### FILTRO PASO ALTO RC:

También este filtro se compone de una resistencia y un capacitor, sólo que esta vez el voltaje de salida, es el voltaje en la resistencia.

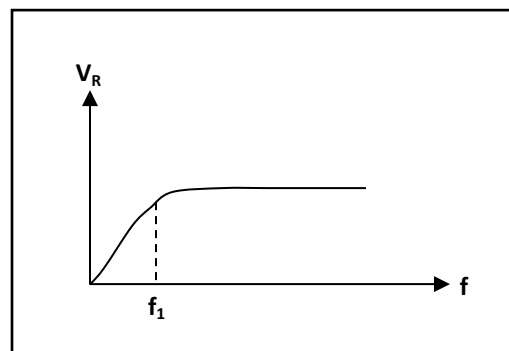


Entre más aumente la frecuencia, la impedancia del capacitor bajará y el voltaje en el capacitor aumentará.

Para una frecuencia de 0 Hz, la impedancia del capacitor es infinita y el voltaje en la resistencia es 0V.

Para una frecuencia muy alta, la impedancia del capacitor es muy baja, y el voltaje en la resistencia está muy cerca al voltaje de la fuente.

La respuesta del circuito con respecto a la frecuencia se verá de la siguiente forma:



Usamos este circuito para detener señales con frecuencias bajas y por lo tanto este circuito se denomina FILTRO PASO ALTO.

También acá encontramos una frecuencia de corte. Un cálculo de la frecuencia se hace cuando  $X_c = R$  obtiene el mismo valor como en el cálculo anterior.





$$V_{R (X=R)} = \frac{V_S}{\sqrt{2}} = 0.707V_S$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC}$$