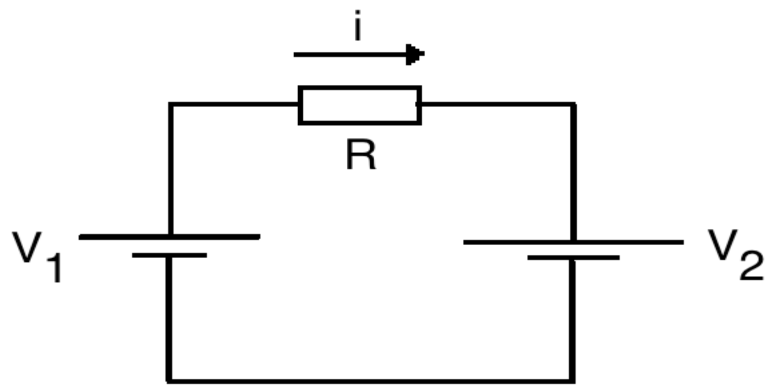
Fuentes ideales y sus interacciones.

I.- Fuente de voltaje ideal.

Una fuente de voltaje ideal de valor v(t) produce una tensión de salida v(t) entre sus terminales cualquiera que sea la impedancia a la que esté conectada, y presenta impedancia cero a la corriente que se le imponga.

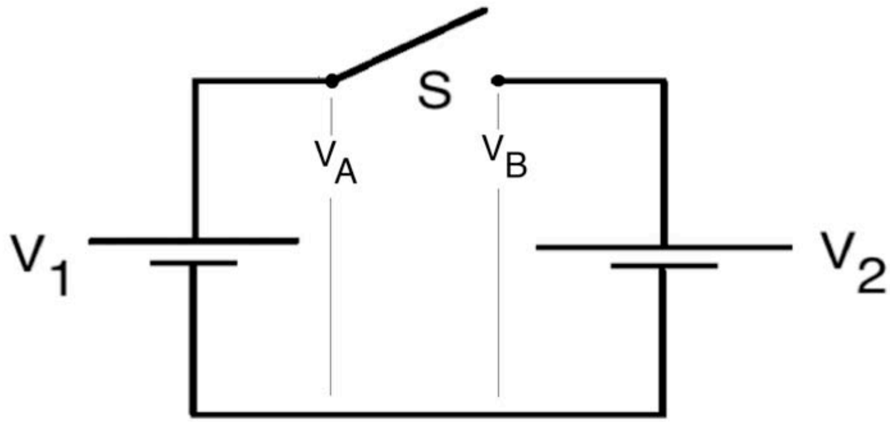
Dada esta definición, y como consecuencia de la primera Ley de Kelvin (KVL), que indica que la suma de las tensiones en una malla cerrada debe de ser cero, no es posible definir el resultado de conectar en paralelo dos fuentes de voltaje ideales de tensiones distintas, ya que esta conexión requeriría la circulación de una corriente infinita.



$$V_1 \neq V_2$$

$$i = \frac{V_1 - V_2}{R} \quad \Rightarrow \quad \lim i\big|_{R \Rightarrow 0} = \infty$$

Por lo tanto son inaceptables todas las configuraciones circuitales que puedan reducirse total o parcialmente a la siguiente situación:



$$V_1 \neq V_2$$

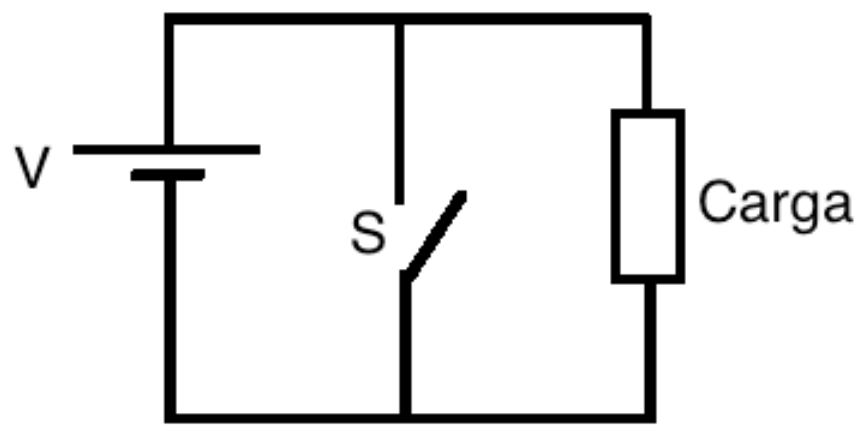
$$V_A\left(0^-\right) = V_1 \quad V_B\left(0^-\right) = V_2$$

El conmutador S cierra en t=0

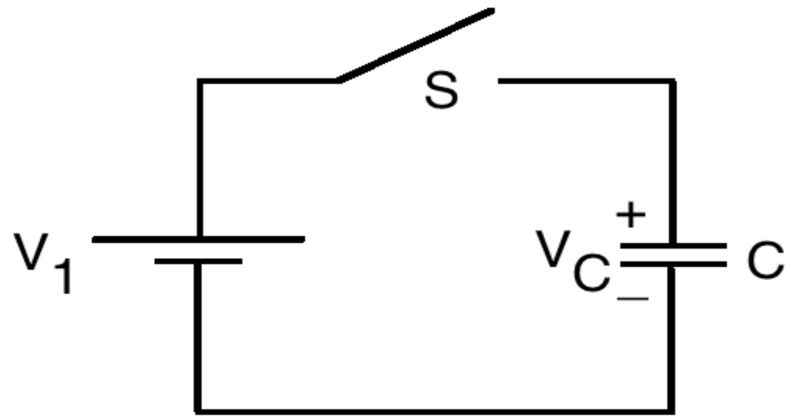
$$V_A\left(0^+\right) = V_B\left(0^+\right) = ?$$

En el momento que cierra el interruptor el voltaje queda indefinido y en teoría la corriente debe crecer a infinito tratando de ajustar el voltaje a un valor único.

Tampoco es aceptable una configuración en donde el cierre de un interruptor cortocircuite a una fuente de tensión ideal:



Tampoco son aceptables todas las configuraciones circuitales que puedan reducirse total o parcialmente a la siguiente situación:



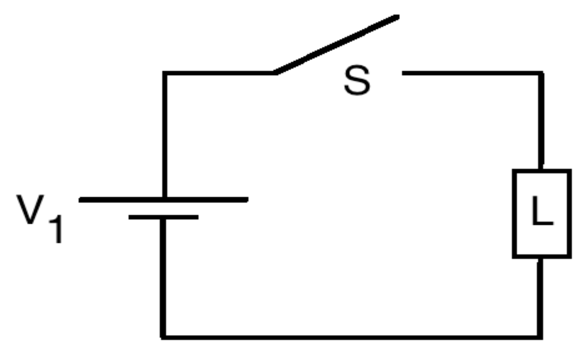
$$V_C(0^-) \neq V_1$$

Asumiendo que los tres elementos son ideales, en el instante en que *S* cierra la tensión en el condesador cambia instanténeamente al valor de la tensión en la fuente ideal, luego:

$$V_C(0^+) = V_1 \quad \Rightarrow \quad \Delta Q_c(0) \Rightarrow \infty \Rightarrow \quad i_c(0) \Rightarrow \infty$$

La conexión de una inductancia ideal a una fuente de voltaje ideal esta permitida, pero es potencialmente peligrosa si se mantiene indefinida en el tiempo. Los casos posibles son dos:

1.- Sin corriente inicial en la inductancia:

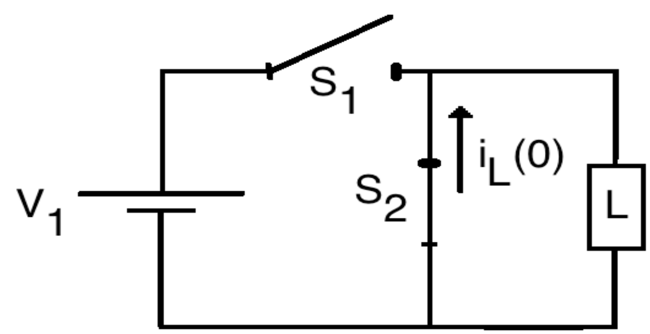


$$v_L\left(0^-\right)=0 \quad i_L\left(0^-\right)=0$$

$$v_L(t)=V=L\frac{di(t)}{dt} \quad i(t)=\frac{V}{L}t$$

$$\lim i(t)\big|_{t\Rightarrow\infty}=\infty$$

2.- Con corriente inicial en la inductancia:



$$S_1 = \bar{S}_2$$

$$v_L\left(0^-\right) = 0 \quad i_L\left(0^-\right) = I_L$$

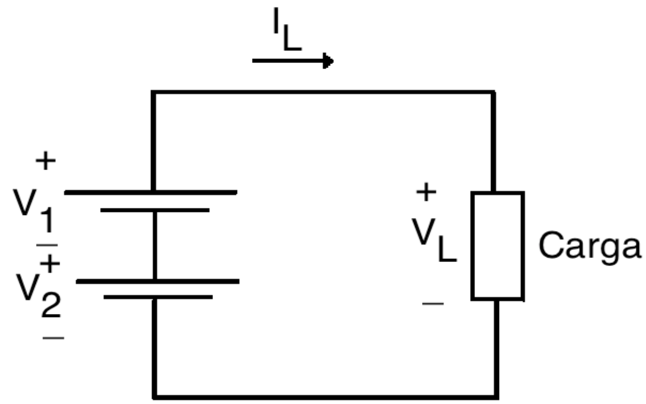
$$v_L(t) = V = L\frac{di(t)}{dt} \quad i_L(t) = \frac{V}{L}t + I_L = i_{V_1}(t)$$

$$\lim i_L(t)\Big|_{t \Rightarrow \infty} = \infty$$

En ambos casos la conexión se puede hacer sin problemas, pero si se mantiene por tiempo indefinido la corriente será indefinidamente grande, ya que en principio no hay límite a su crecimiento.

Por supuesto en configuraciones reales las corrientes no pueden ser infinitas, porque estarán eventualmente limitadas por las inevitables impedancias parásitas, pero su valor puede ser muy elevado y causar daños en los componentes.

La conexión de dos o mas fuentes de tensión ideales en serie si es posible sin problemas.



$$V_L = V_1 + V_2$$

$$I_L = \frac{V_1 + V_2}{Z_L}$$

$$P_L = I_L(V_1 + V_2)$$

$$P_1 = I_L V_1 \quad P_2 = I_L V_2$$

Si la carga se desconecta y el arreglo queda abierto, no hay problema, simplemente:

$$V_L = V_1 + V_2$$

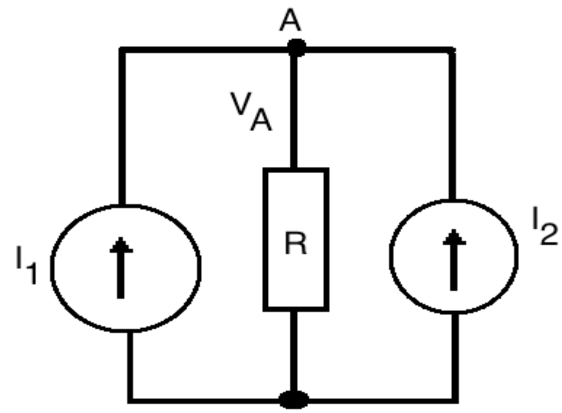
$$I_L = 0$$

$$P_1 = 0 \quad P_2 = 0$$

II.- Fuente de corriente ideal.

Una fuente de corriente ideal de valor i(t) produce una corriente de salida i(t) entre sus terminales cualquiera que sea la impedancia a la que esté conectada, y presenta impedancia infinita al voltaje que se le imponga.

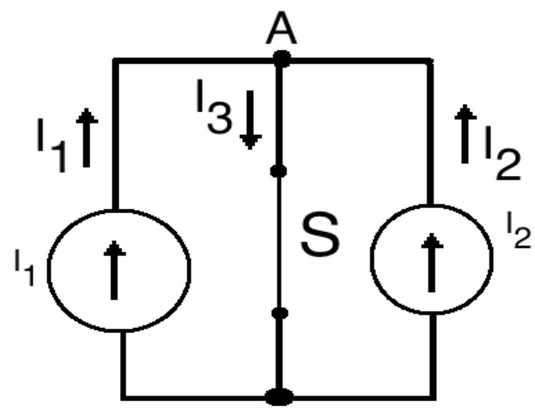
Dada esta definición, y como consecuencia de la segunda Ley de Kelvin (KCL), que indica que la suma de las corrientes en un nodo debe ser cero, no es posible definir el resultado de conectar en serie dos fuentes de corriente ideales de corrientes distintas, ya que esta conexión requeriría la generación de una tensión infinita.



$$I_1 \neq I_2$$

$$V_A = R(I_1 + I_2) \quad \Rightarrow \quad \lim V_A \big|_{R \Rightarrow \infty} = \infty$$

Por lo tanto son inaceptables todas las configuraciones circuitales que puedan reducirse total o parcialmente a la siguiente configuración:



Para t=0-

En el nodo A se cumple:

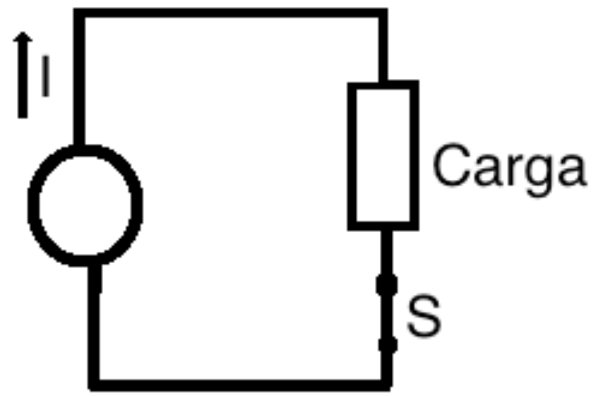
$$I_1 + I_2 = I_3$$

El conmutador S abre en t=0 interrumpiendo instantáneamente a I_3

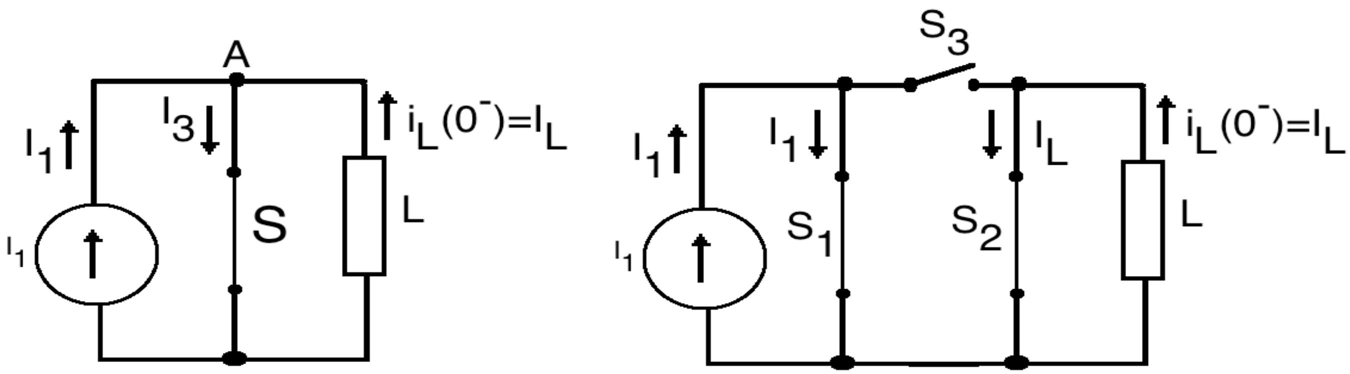
$$I_3\left(0^+\right) = 0 \Rightarrow I_1 + I_2 = ?$$

En el momento que abre el interruptor la corriente queda indefinida y en teoría el voltaje debe crecer a infinito tratando de ajustar la corriente a un valor único.

Tampoco es aceptable una configuración en la que la apertura de un interruptor pueda dejar a una fuente de corriente conectada a un circuito abierto.



Tampoco son aceptables todas las configuraciones circuitales que puedan reducirse total o parcialmente a uno de estos circuitos:



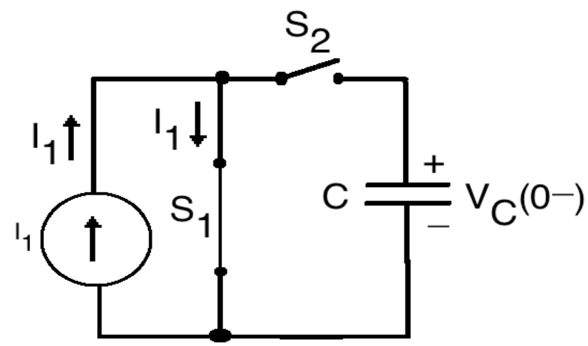
$$I_L(0^-) \neq I_1$$

Si todos los elementos son ideales, en el instante en que S abre (circuito de la izquierda), la corriente en la inductancia cambia instanténeamente al valor de la corriente en la fuente ideal, luego:

$$I_L(0^+) = I_1 \quad \Rightarrow \quad \Delta I_L(0) \Rightarrow \infty \Rightarrow \quad v_L(0) = L\frac{\Delta I_L}{\Delta t} \Rightarrow \infty$$

Lo mismo ocurre en el circuito de la derecha, pero en este caso S_1 y S_2 deben abrir y S_3 cerrar simultáneamente. De hecho, si S_1 o S_2 abren, también se producirá una falla catastrófica por elevación de tensión a infinito.

La conexión de un condensador ideal a una fuente de corriente ideal esta permitida, pero es potencialmente peligrosa si se mantiene indefinida en el tiempo.



S_1 abre y S_2 cierra simultáneamente en t=0

Hay dos alternativas:

1.- Sin tensión inicial en el condensador:

$$v_C\left(0^-\right)=0 \quad i_C\left(0^-\right)=0$$

$$i_C(t)=I_1 \quad v_C(t)=\frac{1}{C}\int i_c(t)dt$$

$$\lim v_C(t)\Big|_{t\Rightarrow\infty}=\infty$$

2.- Con tensión inicial en el condensador:

$$v_C(0^-) = V_C \quad i_C(0^-) = 0$$

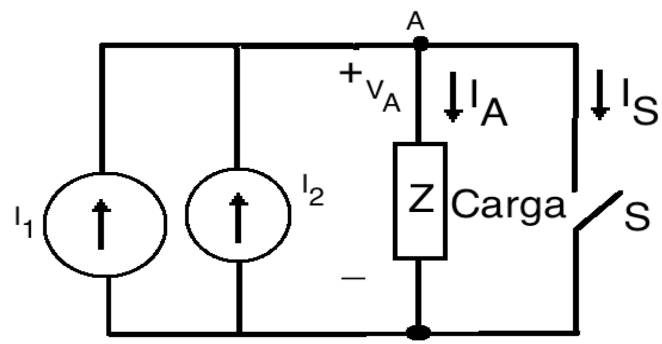
$$i_C(t) = I_1 \quad v_C(t) = \frac{1}{C}\int i_c(t)dt + V_C$$

$$\lim v_C(t)\Big|_{t \Rightarrow \infty} = \infty$$

En ambos casos la conexión se puede hacer sin problemas, pero si se mantiene por tiempo indefinido la corriente será indefinidamente grande, ya que en principio no hay límite a su crecimiento.

Por supuesto en configuraciones reales las corrientes no pueden ser infinitas, porque estarán eventualmente limitadas por las inevitables impedancias parásitas, pero su valor puede ser muy elevado y causar daños en los componentes.

La conexión de dos o mas fuentes de corriente en paralelo es posible, siempre que el arreglo tenga una carga conectada en paralelo en todo momento (un corto circuito también es aceptable).



Mientras *S* está abierto, I_S=0 y:

$$I_A = I_1 + I_2 \quad V_A = Z(I_1 + I_2)$$

$$P_Z = V_A(I_1 + I_2) \quad P_1 = I_1 V_A \quad P_2 = I_2 V_A$$

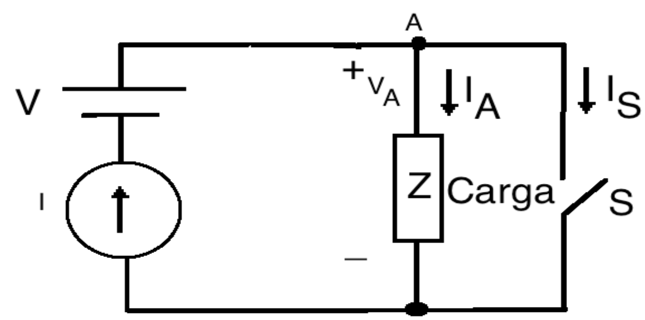
Cuando S está cerrado, I_A=0 y:

$$V_A = 0$$

$$I_S = I_1 + I_2$$

$$P_Z = 0 = P_1 = P_2$$

La conexión en serie de una fuente ideal de corriente y una o mas fuentes ideales de tensión es posible, siempre que el arreglo tenga una carga conectada en paralelo en todo momento (un corto circuito también es aceptable).



Mientras S está abierto, $I_S=0$ y:

$$I_A = I \quad V_A = IZ$$

$$V_I = V_A - V \quad I_V = I$$

$$P_A = IV_A \quad P_I = V_I I \quad P_V = IV$$

Cuando S está cerrado, I_A=0 y:

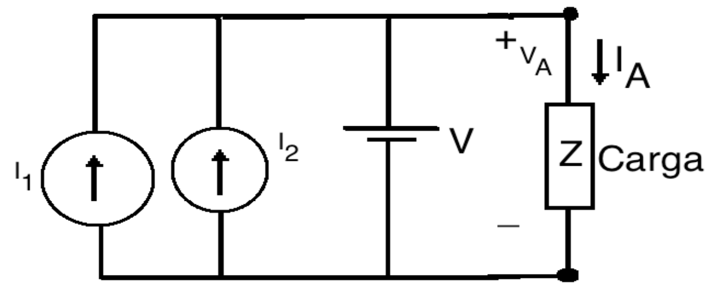
$$I_S = I \quad V_A = 0$$

$$V_I = -V \quad I_V = I$$

$$P_A = 0 \quad P_I = -P_V \quad P_V = IV$$

Las ecuaciones de flujo de potencia indican además que la conexión solo es posible si la fuente de corriente es capaz de recuperar energía.

La conexión en paralelo de dos o mas fuentes ideales de corriente con una fuente ideal de tensión es posible.



Si la carga está conectada:

$$V_A = V \quad I_A = \frac{V}{Z}$$

$$I_V = I_1 + I_2 - I_A$$

$$P_A = VI_A$$

$$P_{I_1} = VI_1 \quad P_{I_2} = VI_2 \quad P_V = VI_V$$

Si la carga no está conectada:

$$V_A = V \quad I_A = 0$$

$$I_V = -(I_1 + I_2)$$

$$P_{I_1} = VI_1 \quad P_{I_2} = VI_2 \quad P_V = -\left(P_{I_1} + P_{I_2}\right)$$

Las ecuaciones de flujo de potencia indican además que la conexión solo es posible si la fuente de tensión es capaz de recuperar energía.