

Práctico de Laboratorio 5

Circuitos Divisores de Tensión con y sin Carga

Objetivos:

- Comprender el funcionamiento y el diseño de los divisores de tensión de corriente continua.
- Estudiar el diseño de un divisor de tensión que satisfaga determinados requisitos de tensión y corriente.
- Analizar los efectos de una carga sobre las relaciones o expresiones matemáticas de un circuito divisor de corriente continua.

Información Preliminar

Las leyes de Ohm y de Kirchhoff tienen aplicación inmediata en el análisis o cálculo y diseño de los circuitos divisores de tensión. Los divisores de tensión pueden ser circuitos muy sencillos o disposiciones complicadas de resistencias para una o más *cargas*. En primer lugar nos ocuparemos de divisores *sin carga*, es decir circuitos que no tienen que suministrar corriente a una carga externa.

El divisor de tensión continua más sencillo se compone de dos resistencias R_1 y R_2 conectadas en serie, entre cuyos terminales se aplica una tensión V_0 (Fig. 1). Supongamos que $V_0 = 10$ V y que las resistencias R_1 y R_2 sean de 180 y 820 Ω respectivamente. Las tensiones V_1 en los extremos de R_1 y V_2 en los de R_2 medidas con un tester serán: 1.8 y 8.2 Volts respectivamente. La fuente de 10 V ha sido así dividida en el circuito de la Fig. 1 para producir dos tensiones más bajas.

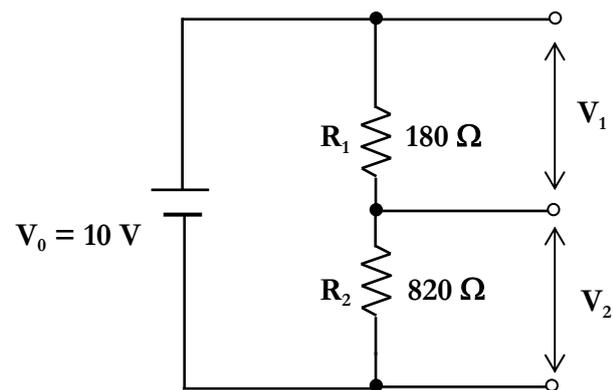


Figura 1

Se puede modificar la Fig. 1 mediante la adición de una o más resistencias para producir cualquier número de tensiones inferiores, medidas entre los extremos de las resistencias individualmente, o medidas con respecto a algún punto común. (Por ejemplo respecto a tierra) El técnico puede tener que diseñar un divisor de tensión que satisfaga requisitos específicos de tensión, corriente de carga y corriente de drenaje. Explicaremos con un ejemplo el procedimiento que debe seguir (divisor sin carga).

Ejemplo:

Diseñemos ahora un circuito divisor de tensión de modo que con una tensión de entrada de 3 Volts se obtengan 2 (Dos) tensiones de salida de:

- Una tensión de salida de: 1 Volts \pm 10 % (1 Volts \pm 0,1 Volts)
- Y la otra tensión de salida de: 2.2 Volts \pm 10 % (2.2 Volts \pm 0,22 Volts)

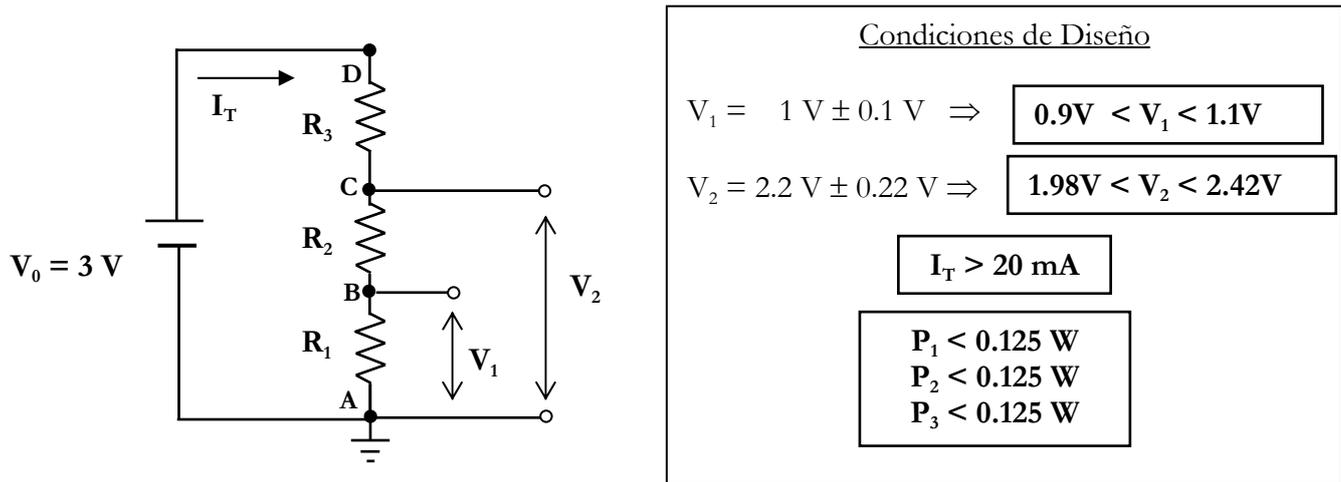
Además el circuito no debe tener más de 3 resistencias; la corriente total debe ser **mayor** de 20 mA y la potencia disipada por cada resistencia debe ser **menor** que 1/8 Watt.

Usar los valores comerciales de resistencias existentes en el Laboratorio.

Para resolver este problema de diseño, se debe proceder de la siguiente manera:

1. Aproximar el valor de cada resistencia según las condiciones de diseño (Se deben acotar las resistencias entre los valores máximos y mínimos, utilizando un razonamiento similar al del Práctico anterior).
2. Elegir las resistencias a utilizar y con éstos valores **nominales**, **calcular**: I_T (I Total), **cada tensión** y **verificar** que se cumplen todas las condiciones de diseño. (Si no se cumplen, repetir este punto con una nueva elección hasta lograrlo.)

Resolvamos ahora el problema de diseño planteado, el circuito será el siguiente:



Las condiciones impuestas a V_1 y V_2 implica que:

- $V_{AB} = 1.0\text{ Volts}$
- $V_{BC} = 1.2\text{ Volts}$
- $V_{CD} = 0.8\text{ Volts}$

Haciendo uso de la condición sobre las potencias podemos calcular el valor mínimo que pueden tomar las resistencias, para R_1 tenemos que: (En este caso $V_1 = V_{AB}$)

$$(P_1 < 0.125\text{ W}) \Rightarrow \left(\frac{V_{AB}^2}{R_1} < 0.125\text{ W} \right) \Rightarrow \left(\frac{V_{AB}^2}{0.125\text{ W}} < R_1 \right) \Rightarrow \left(\frac{(1\text{V})^2}{0.125\text{ W}} < R_1 \right) \Rightarrow 8\ \Omega < R_1$$

Es decir, R_1 no puede valer menos de $8\ \Omega$. Calculemos ahora su límite superior. La condición sobre V_{AB} nos dice que:

$$(I_T > 20\text{ mA}) \Rightarrow \left(\frac{V_{AB}}{R_1} > 20\text{ mA} \right) \Rightarrow \left(\frac{V_{AB}}{20\text{ mA}} > R_1 \right) \Rightarrow \left(\frac{1\text{V}}{20\text{ mA}} > R_1 \right) \Rightarrow 50\ \Omega > R_1$$

Por lo que el valor de R_1 estará comprendido entre:

$$8\ \Omega < R_1 < 50\ \Omega$$

Análogamente para R_2 obtenemos:

$$(P_2 < 0.125\text{ W}) \Rightarrow \left(\frac{V_{BC}^2}{R_2} < 0.125\text{ W} \right) \Rightarrow \left(\frac{V_{BC}^2}{0.125\text{ W}} < R_2 \right) \Rightarrow \left(\frac{(1.2\text{V})^2}{0.125\text{ W}} < R_2 \right) \Rightarrow 11.5\ \Omega < R_2$$

$$(I_T > 20\text{ mA}) \Rightarrow \left(\frac{V_{BC}}{R_2} > 20\text{ mA} \right) \Rightarrow \left(\frac{V_{BC}}{20\text{ mA}} > R_2 \right) \Rightarrow \left(\frac{1.2\text{V}}{20\text{ mA}} > R_2 \right) \Rightarrow 60\ \Omega > R_2$$

Por lo que el valor de R_2 estará comprendido entre:

$$11.5\Omega < R_2 < 60$$

Para R_3 :

$$(P_3 < 0.125 \text{ W}) \Rightarrow \left(\frac{V_{CD}^2}{R_3} < 0.125 \text{ W} \right) \Rightarrow \left(\frac{V_{CD}^2}{0.125 \text{ W}} < R_3 \right) \Rightarrow \left(\frac{(0.8\text{V})^2}{0.125 \text{ W}} < R_3 \right) \Rightarrow 5.1\Omega < R_3$$

$$(I_T > 20 \text{ mA}) \Rightarrow \left(\frac{V_{CD}}{R_3} > 20 \text{ mA} \right) \Rightarrow \left(\frac{V_{CD}}{20 \text{ mA}} > R_3 \right) \Rightarrow \left(\frac{0.8\text{V}}{20 \text{ mA}} > R_3 \right) \Rightarrow 40\Omega > R_3$$

Por lo que el valor de R_3 estará comprendido entre:

$$5.1\Omega < R_3 < 40$$

Por último elegimos los valores que utilizaremos:

$$R_1 = 22\Omega$$

$$R_2 = 33\Omega$$

$$R_3 = 15\Omega$$

Una vez elegidos los valores de las resistencias a utilizar, resolvemos el circuito y verificamos que se cumplan las condiciones de diseño (En caso de no cumplirse las condiciones de diseño se deben elegir otro conjunto de resistencias hasta lograrlo):

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 22\Omega + 33\Omega + 15\Omega \Rightarrow R_T = 70\Omega$$

$$I_T = \frac{3\text{V}}{70\Omega} = 0.043\text{A} \Rightarrow I_T = 43 \text{ mA} \quad (\text{mayor que } 20 \text{ mA})$$

$$V_{AB} = R_1 I_T = (22\Omega)(0.043\text{A}) \Rightarrow V_{AB} = 0.94 \text{ V}$$

$$V_{BC} = R_2 I_T = (33\Omega)(0.043\text{A}) \Rightarrow V_{BC} = 1.41 \text{ V}$$

$$V_{CD} = R_3 I_T = (15\Omega)(0.043\text{A}) \Rightarrow V_{CD} = 0.64 \text{ V}$$

$$V_{AC} = (R_1 + R_2) I_T = (22 + 33\Omega)(0.043\text{A}) \Rightarrow V_{AC} = 2.36 \text{ V}$$

Como $V_{AB} = V_1$ vemos que se verifica la condición: **$(0.9\text{V} < V_1 < 1.1\text{V})$**

Y dado que $V_{AC} = V_2$, también se verifica la condición sobre V_2 : **$(1.98\text{V} < V_2 < 2.42\text{V})$**

Por último verifiquemos la condición sobre las potencias ($P < 1/8 \text{ W}$ en cada R):

$$P_1 = V_{AB} I_T = (0.94\text{V})(0.043\text{A}) \Rightarrow P_1 = 0.040 \text{ W} \quad (\text{menor que } 1/8 \text{ W})$$

$$P_2 = V_{BC} I_T = (1.41\text{V})(0.043\text{A}) \Rightarrow P_2 = 0.060 \text{ W} \quad (\text{menor que } 1/8 \text{ W})$$

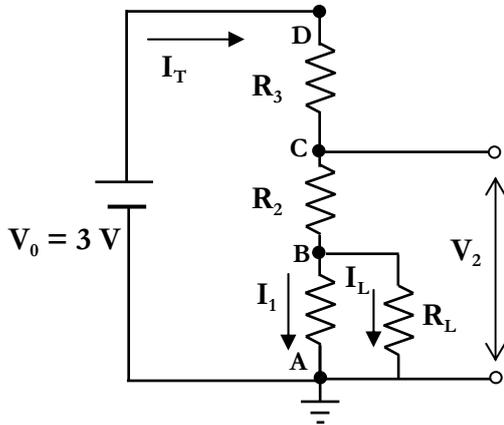
$$P_3 = V_{CD} I_T = (0.64\text{V})(0.043\text{A}) \Rightarrow P_3 = 0.028 \text{ W} \quad (\text{menor que } 1/8 \text{ W})$$

Mediante este procedimiento hemos logrado diseñar el divisor pedido. Puede ocurrir que en esta última etapa no se cumplan ciertas condiciones, esto se debe a una mala elección de las resistencias, por lo que tendrá que elegir otra combinación de resistencias hasta que se cumplan todas las condiciones.

Efecto de la carga

Veamos ahora que ocurre si conectamos a la salida de 1 Volts una carga pequeña de por ejemplo:

a) $R_{L1} = 1000 \Omega$ (La "L" del subíndice de la R de carga proviene del inglés "Load")



Midamos las tensiones y corrientes y veamos si se siguen cumpliendo las condiciones.

Calculemos el equivalente del paralelo entre R_1 y R_L .

$$R_{1L} = \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} = 21.53 \Omega \Rightarrow R_T = 21.5 \Omega + 33 \Omega + 15 \Omega = 69.53 \Omega$$

$$I_T = \frac{3V}{69.53 \Omega} = 43 \text{ mA} > 20 \text{ mA}$$

$$V_{AB} = (21.5 \Omega)(43 \text{ mA}) = 0.93 \text{ V} \quad (0.9 \text{ V} < V_1 < 1.1 \text{ V})$$

$$V_{AC} = (21.5 \Omega + 33 \Omega)(43 \text{ mA}) = 2.35 \text{ V} \quad (1.98 \text{ V} < V_2 < 2.42 \text{ V})$$

Vemos que se cumplen las condiciones.

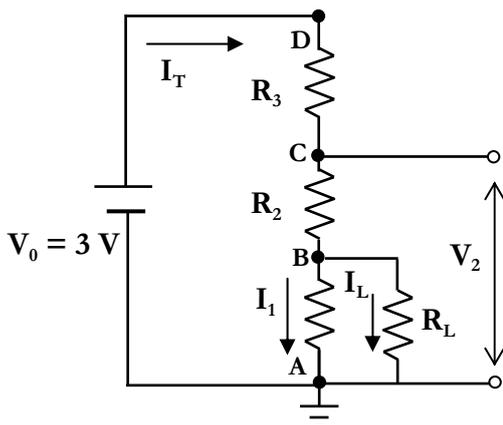
Calcule las potencias disipadas y verifique que no exceden el 1/8 W.

Calculemos la corriente de drenaje (I_1) y la de carga (I_L):

$$I_1 = \frac{0.93 \text{ V}}{22 \Omega} = 42.22 \text{ mA}$$

$$I_L = \frac{0.93 \text{ V}}{1000 \Omega} = 0.93 \text{ mA}$$

Ahora conectemos al circuito una carga más grande $R_{L2} = 12 \Omega$



Midamos nuevamente las tensiones y corrientes y veamos si se siguen cumpliendo las condiciones.

Calculemos el equivalente del paralelo entre R_1 y R_L .

$$R_{1L} = \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} = 7.77 \Omega \Rightarrow R_T = 7.77 \Omega + 33 \Omega + 15 \Omega = 55.75 \Omega$$

$$I_T = \frac{3V}{55.75 \Omega} = 53.8 \text{ mA} > 20 \text{ mA}$$

$$V_{AB} = (7.77 \Omega)(53.8 \text{ mA}) = 0.42 \text{ V} \quad !!! \quad (0.9 \text{ V} < V_1 < 1.1 \text{ V})$$

$$V_{AC} = (7.77 \Omega + 33 \Omega)(53.8 \text{ mA}) = 2.19 \text{ V} \quad (1.98 \text{ V} < V_2 < 2.42 \text{ V})$$

Vemos que no se cumple la condición sobre V_1 .

Calculemos la corriente de drenaje (I_1) y la de carga (I_L):

$$I_1 = \frac{0.42 \text{ V}}{22 \Omega} = 19.1 \text{ mA}$$

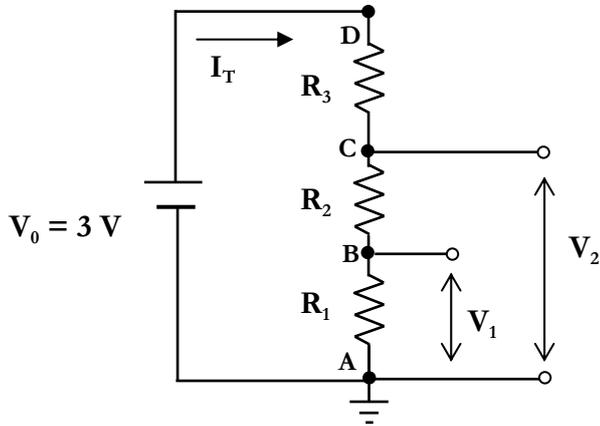
$$I_L = \frac{0.42 \text{ V}}{12 \Omega} = 35 \text{ mA}$$

Resulta pues evidente que las tensiones y corrientes de drenaje son afectadas cuando se añade una carga a un divisor de tensión.

INFORME DE LABORATORIO: 5

Apellido y Nombre:..... Grupo:

El práctico consistirá en diseñar el siguiente divisor de tensión (Proceder como en el ejemplo):



Condiciones de Diseño

$V_1 = X \text{ Volts} \pm 10\%$ - $V_2 = Y \text{ Volts} \pm 10\%$
 $I_T > 20 \text{ mA}$

Potencia disipada por cada resistencia:
 $P_i < 1/8 \text{ W. (i = 1,2,3)}$

El circuito no debe tener más de tres resistencias.
Nota: Usar los valores comerciales de resistencias existentes en el laboratorio.

X e Y son los valores de tensión solicitados y su valor está dado por la siguiente tabla:

Grupo	Valor de X (Volts)	Valor de Y (Volts)
Grupo Tarde	1.2	2.4

- En una hoja aparte resuelva analíticamente el circuito, calculando I_T , todas las caídas de tensión y las potencias. Verificar que se cumplan todas las condiciones. (Si no se cumplen cambiar las resistencias elegidas).
- Leer el valor nominal de cada resistencia elegida, según el código de colores y anotar dicho valor en la Tabla 1. También mídalas con los Tester.

Tabla 1

Resistencia[Ω]	Franja 1	Franja 2	Franja 3	Franja 4	Tester Analógico:		Tester Digital:	
					Multiplic.	Medición	Alcance	Medición
$R_1 =$								
$R_2 =$								
$R_3 =$								

- Arme el circuito y mida la resistencia equivalente. Recuerde que la Fuente debe estar desconectada.

Tabla 2

Resistencia equivalente analítica [Ω]	Resistencia equivalente medida Tester analógico :.....		Resistencia equivalente medida Tester Digital :.....	
	Multiplic	Valor[Ω]	Alcance	Valor[Ω]

- Alimente el circuito con 3 Volts y mida todas las caídas de tensión.

Tabla 3

		Tester Analógico:		Tester Digital:		Error Relativo %	Error Relativo
Tensión	Valor Analítico [V]	Alcance	Medición [V]	Alcance	Medición [V]	Analógico	Digital
V_{AD}							
V_1							
V_2							
V_{BC}							
V_{CD}							

5. Dibuje como conectaría el amperímetro (señale las polaridades) para medir I_T . Y a continuación, sobre la base del dibujo mida I_T .

Medición de I_T

Tabla 4

		Tester Analógico:		Tester Digital:		
	Valor Analítico [mA]	Alcance	Medición	Alcance	Medición	
I_T						
			Error ¹ Relativo %		Error Relativo %	
			Analógico		Digital	

6. Cargar la salida V_1 (entre A y B) con $R_{L1} = 1000 \Omega$. En una hoja aparte resuelva analíticamente el circuito calculando I_T , I_1 e I_2 , todas las caídas de tensión y las potencias. Verificar que se cumplan todas las condiciones. ¿Hay variaciones con respecto al circuito original? ¿A qué atribuye dichas variaciones?

7. Armar el circuito y medir las tensiones y las corrientes. Completar la *Tabla 5*:

Tabla 5

		Tester Analógico:		Tester Digital:		Error Relativo %	Error Relativo
Tensión	Valor Analítico [V]	Alcance	Medición [V]	Alcance	Medición [V]	Analógico	Digital
V_{AD}							
V_1							
V_2							
V_{BC}							
V_{CD}							
I	Valor Analítico [mA]	Alcance	Medición [mA]	Alcance	Medición [mA]		
I_T							
I_1							
I_2							

8. Cargar la salida V_1 (entre A y B) con $R_{L1} = 12 \Omega$. En una hoja aparte resuelva analíticamente el circuito, calculando I_T , I_1 e I_L , todas las caídas de tensión y las potencias. Verificar que se cumplan todas las condiciones. ¿Hay variaciones con respecto al circuito original? ¿A qué atribuye dichas variaciones?
9. Armar el circuito y medir: I_T , I_1 e I_L , todas las caídas de tensión y completar la *Tabla 6*.

Tabla 6

		Tester Analógico:		Tester Digital:		Error Relativo %	Error Relativo
Tensió	Valor Analítico[V]	Alcance	Medición [V]	Alcance	Medición [V]	Analógico	Digital
V_{AD}							
V_1							
V_2							
V_{BC}							
V_{CD}							
I	Valor Analítico[mA]	Alcance	Medición[mA]	Alcance	Medición[mA]		
I_T							
I_1							
I_2							

10. Calcular el mínimo valor de la resistencia de carga R_L para que la tensión de salida entre los puntos A y B esté dentro de la tolerancia.

**Nota: Para ingresar al Laboratorio deberá traer los TODOS cálculos analíticos resueltos.
 Caso contrario se le computará ausente.**