

TEMA 3: Circuitos en corriente continua (DC)**OBJETIVOS**

La aplicación de la ley de ohm va a permitir calcular teóricamente y comprobar prácticamente todas las intensidades y tensiones que circulan por un circuito eléctrico compuesto de resistencias asociadas en serie, en paralelo o mixto. Esto nos da paso a experimentar con los divisores de tensión, su cálculo y su comprobación.

Por último vamos a experimentar también con los circuitos RC en corriente continua, comprobando en la práctica los tiempos de carga y descarga.

RELACIÓN DE MATERIALES

1 x Entrenador Universal Trainer V3 (o plataforma equivalente)

1 x Polímetro digital (o analógico)

Cables de conexión

Resistencias de carbón de 1/4W: 1 x 100 Ω ; 2 x 120 Ω ; 2 x 270 Ω ; 1 x 470 Ω ; 2 x 1 K Ω ; 1 x 2.2 K Ω ; 1 x 4.7 K Ω ; 2 x 10 K Ω ; y 1 x 22 K Ω

1 x Resistencia LDR y 1 x Resistencia NTC

Condensadores: 1 x 100 μ F/63V; 1 x 1000 μ F/63V

Varios: 1 x lámpara 12V

INDICE GENERAL**P1: LEY OHM**

P1-1 Cálculo de intensidad, tensión y resistencia

P1-2 Potencia eléctrica.

P1-3 Medida de intensidad con el polímetro: Precauciones

P1-4 Asociación serie

Ejercicio 1: Asociación serie

P1-5 Asociación paralelo

Ejercicio 2 Asociación paralelo

P1-6 Asociación mixta

Ejercicio 3: Asociación mixta I

Ejercicio 4: Asociación mixta II

Ejercicio 5: Averiguar el valor de una resistencia

P2: DIVISORES DE TENSIÓN

P2-1 Cálculo teórico

Ejercicio 6: Comparando diferentes divisores

P2-2 Cálculo práctico de un divisor de tensión

P2-3 Divisor de tensión con resistencias variables

Ejercicio 7: Divisor de tensión con potenciómetro

Ejercicio 8: Regulación mediante potenciómetro

Ejercicio 9: Divisor de tensión con resistencia LDR

Ejercicio 10: Divisor de tensión con resistencia NTC

P2-4 ¿Averías en un divisor?

P3: CIRCUITOS R-C EN CORRIENTE CONTINUA (DC)

P3-1 Constantes de carga y descarga

P3-2 Ejercicio 11: Comprobación de las constantes de carga y descarga

P3-3 Ejercicio 12: Curva de carga del condensador

TEMA 3: Circuitos en corriente continua (DC)

P1: LEY DE OHM

Relaciona las tres magnitudes eléctricas más importantes: la intensidad (I), la tensión (V) y la resistencia (R):

La intensidad que circula por un circuito eléctrico es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia que presenta ese circuito.

P1-1 Cálculo de intensidad, tensión y resistencia

El enunciado anterior se puede trasladar a una sencilla fórmula matemática que permite calcular la intensidad: $I = \frac{V}{R}$, donde:

I = Intensidad expresada en amperios (A)

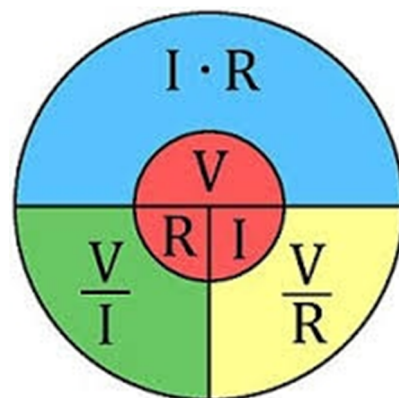
V = Tensión expresada en voltios (V)

R = Resistencia expresada en ohmios (Ω)

De esa ecuación también puedes deducir:

La resistencia: $R = \frac{V}{I}$ y también la tensión: $V = R \times I$

Puedes emplear una regla nemotécnica gráfica que a lo mejor te ayuda a acordarte de las tres operaciones anteriores. Fíjate en la figura. Según lo que quieras calcular te muestra directamente la ecuación correspondiente. Por ejemplo, si quieres calcular la tensión (V), en azul tienes su fórmula. Para calcular I la fórmula la tienes en amarillo y si quieres calcular R la tienes en verde. Fácil ¿no?



P1-2 Potencia eléctrica

La energía eléctrica se puede transformar en luz (bombilla), movimiento (motor), calor (resistencia), etc... La energía se mide en Julios (J). La potencia representa la cantidad de energía consumida en una unidad de tiempo y se mide en Julio/segundo. Si consumes una energía de un Julio en un segundo, estás consumiendo 1 vatio (W) de potencia eléctrica. Es la cuarta magnitud eléctrica que más vamos a utilizar.

Su cálculo es muy sencillo: $P = V \times I$, donde:

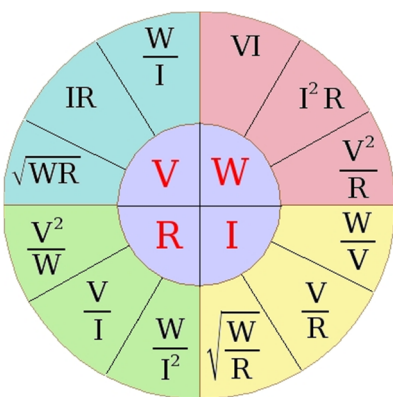
P = Potencia eléctrica expresada en vatios (W)

V = Tensión expresada en voltios (V)

I = Intensidad expresada en amperios (A)

Conocida la potencia que consume un elemento, puedes calcular:

La intensidad que lo recorre: $I = \frac{P}{V}$ o la tensión que se le aplica: $V = \frac{P}{I}$



La regla nemotécnica de la figura te ayuda a calcular una de las cuatro magnitudes eléctricas básicas, en función de las otras tres. Procura tenerla siempre a mano.

Una cosa debes de tener en cuenta. La intensidad eléctrica que recorre un componente, como una resistencia, genera una potencia que debe ser disipada (normalmente en forma de calor). Cuando compres una resistencia, además de indicar su valor en ohmios, debes indicar la potencia (W) que tiene que disipar porque de lo contrario se quemaría. Ya sabes cómo calcularla.

P1-3 Medida de intensidad con el polímetro: Precauciones

En breve vas a trabajar con una serie de circuitos y vas a utilizar la ley de ohm para calcular teóricamente las tensiones e intensidades que circulan por sus diferentes elementos, pero ¿cómo comprobarlas en la práctica?

Nuevamente deberás emplear el polímetro. En el tema anterior aprendiste a medir resistencias y tensiones así como las precauciones que debes de tener en cada caso. Ahora vas a medir intensidades. Presta atención pues es una de las medidas más delicadas que se suelen hacer. La vida del polímetro depende de ello.

El modelo que estamos usando como ejemplo dispone de 5 escalas para medir intensidades en continua (DC): hasta 200 μ A, 2 mA, 20 mA, 200 mA y 5 A.

La punta de prueba negra se inserta en el conector **COM**, como siempre, y la roja en el conector **V Ω mA para medir como máximo hasta 200 mA.**

Si deseas medir intensidades mayores, hasta 5 A como máximo, la punta de prueba roja debes ponerla en el conector indicado como **5A**.

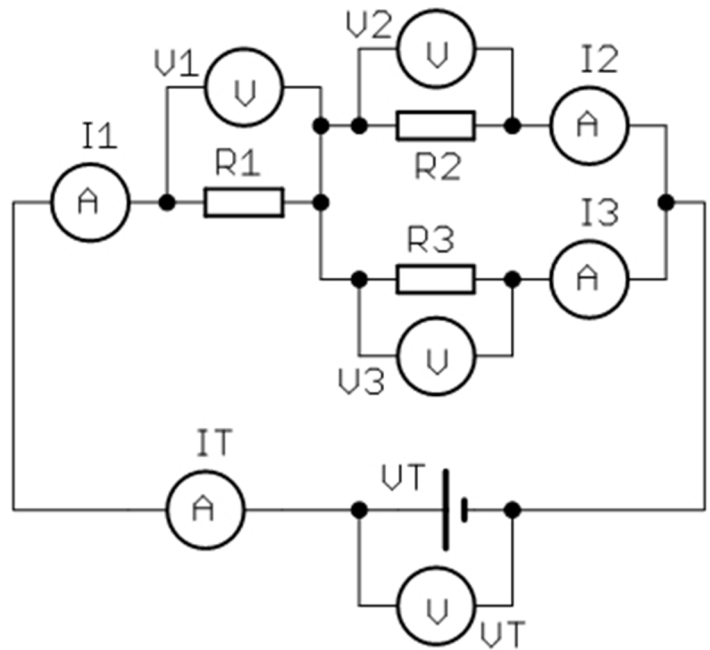


Muy Importante.

Cuando mides tensión con el polímetro (modo voltímetro) las puntas de prueba roja y negra las conectas directamente, en paralelo, a los terminales cuya tensión deseas medir. Cuando al polímetro lo seleccionas para medir intensidades (modo amperímetro) lo debes intercalar en serie respecto al elemento que vas a medir (resistencia, etc...).

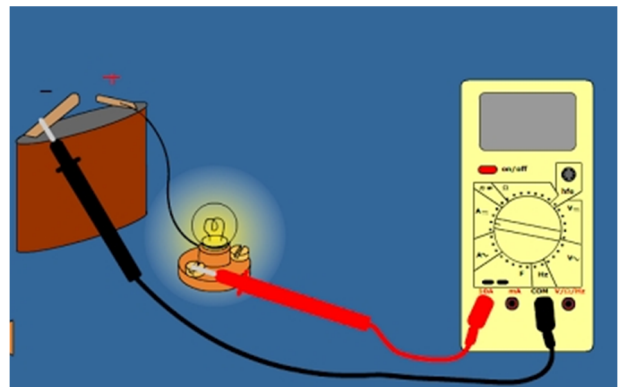
En el esquema de la figura se resume cómo debes conectar un voltímetro en paralelo para medir tensiones (V) y un amperímetro (A) para medir intensidades (I). Recuerda, **siempre en serie**.

Fíjate con atención. Cada voltímetro (V) se coloca en paralelo a cada resistencia R1-R3 y a la batería VT. Los amperímetros (A) se conectan en serie con cada resistencia R1-R3 y con la batería VT.



Vamos a resumir las precauciones que debes de tomar para medir intensidades con el polímetro:

1. El circuito bajo prueba debe estar bajo tensión. Evita recibir descargas pues a partir de un determinado valor pueden ser peligrosas.
2. Si desconoces el valor de la intensidad conviene que selecciones una escala alta. Luego puedes ir bajándola hasta que tengas una buena lectura.
3. Volvemos a repetir. La intensidad que pasa por un componente se debe medir colocando el polímetro **en serie** respecto a ese componente. Para ello necesitas soltar una patilla, conectarla con una punta de prueba del instrumento y la otra punta la conectas en el lugar de donde soltaste esa patilla.
4. Anota la medida y vuelve a cerrar el circuito conectando la patilla que soltaste en su correspondiente lugar. De no hacerlo el circuito queda con una rama desconectada y el resto de medidas se pueden ver alteradas.
5. Al medir intensidades es posible que te aparezca el signo (-). No tiene mayor importancia. Intercambia las puntas de prueba. Donde estaba la roja pones la negra y viceversa.



P1-4 Asociación serie

Por todos los elementos (resistencias) pasa la misma intensidad, la total. Los electrones no tienen más que un camino para recorrer. Sin embargo la tensión total que aplicas a un circuito serie se reparte en cada resistencia de forma proporcional a su valor en ohmios, según establece la ley de ohm.

Los pasos a seguir se resumen en:

1. Calcular la resistencia total (R_T):

$$R_T = R_1 + R_2 + R_n$$

2. Ahora puedes calcular la intensidad total (I_T) que pasa por el circuito:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}; I_T = I_1 = I_2 = I_n$$

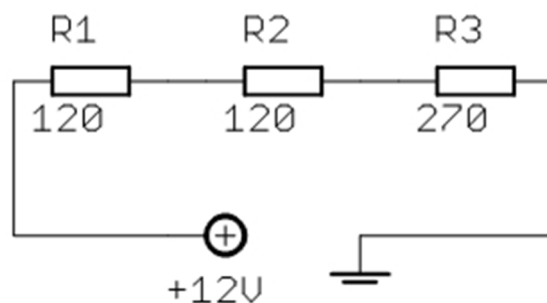
3. Si ya conoces la intensidad que pasa por cada resistencia y también sus valores en ohmios, solo te queda por calcular la caída de tensión que se produce en cada una de ellas.

$$V_1 = R_1 \times I_1; V_2 = R_2 \times I_2; V_n = R_n \times I_n; V_1 + V_2 + V_n = V_T$$

Ejercicio 1: Asociación serie

Partimos del circuito de la figura que muestra una asociación serie de tres resistencias que se alimentan mediante 12 VDC. Repasa el apartado P4-1 del tema anterior para ver cómo puedes realizar el montaje sobre un módulo board. También puedes repasar el apartado P5-3

del mismo Tema 2 anterior donde se explica cómo obtener la tensión fija de 12 VDC que ofrece el laboratorio Universal Trainer V3 que proponemos para hacer las prácticas.



Se trata de que resuelvas teóricamente el circuito. Luego, una vez montado, realizas las medidas prácticas. Completa la tabla adjunta anotando tanto los valores teóricos calculados, como los valores prácticos medidos. Recuerda que:

- **Para medir resistencias.** El circuito debe estar **SIN** tensión. Conviene soltar una patilla de la resistencia a medir con objeto de que en el circuito no haya ninguna otra en paralelo. Acostúmbrate a ello. Cada punta de prueba del polímetro en ohmios (óhmetro) se conecta con cada patilla de la resistencia a medir.
- **Para medir tensión.** El circuito se alimenta con la tensión indicada. Cada punta de prueba del polímetro en voltios (voltímetro) se conecta en paralelo: una punta en cada terminal de la tensión a medir. Procura orientar la punta roja al positivo y la negra al negativo.
- **Para medir intensidad.** El circuito se alimenta con la tensión indicada. El polímetro en amperios (amperímetro) se conecta en serie. Se suelta un extremo y se conecta con una de las puntas de prueba. La otra punta se conecta con el lugar de donde soltaste el extremo. Procura orientar la punta roja al (+) y la negra al (-).



	RESISTENCIA		INTENSIDAD		TENSIÓN		POTENCIA
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico
R1	120						
R2	120						
R3	270						
TOTAL	510						

Comprobarás que los valores teóricos no coinciden exactamente con los prácticos ya que:

- Durante los cálculos habrás redondeado y empleado solo uno o dos decimales.
- La tensión de alimentación tampoco es exactamente la que se indica en teoría.
- Las resistencias tienen tolerancia y no valen exactamente lo que indica su valor.
- Un polímetro está hecho con resistencias y por tanto también tiene su tolerancia.

Todos estos errores se van acumulando por lo que tú también debes de tener una cierta tolerancia y admitir como válidas las pequeñas diferencias entre lo teórico y lo práctico. Esto se adquiere con la práctica.

P1-5 Asociación paralelo

Todos los elementos (resistencias) tienen la misma tensión. Sin embargo los electrones tienen diferentes ramas o caminos para ir desde el polo (-) del generador de tensión hasta el polo (+). La intensidad es diferente y proporcional al valor en ohmios de cada una de ellas. Para calcular un circuito paralelo:

1. Calcular la resistencia total (RT):

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n}$$

2. La tensión es la misma en cada resistencia y es la total aplicada:

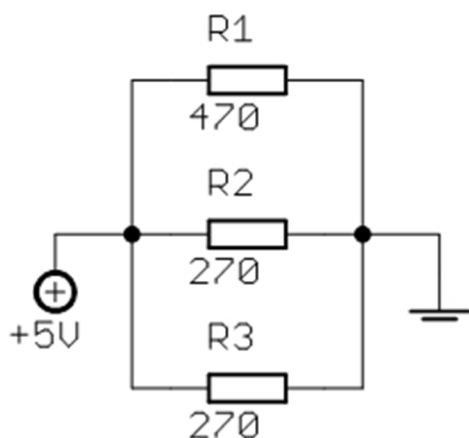
$$V_T = V_1 = V_2 = V_n$$

3. Ahora puedes calcular la intensidad total (IT) que pasa por el circuito:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

4. Si ya conoces la tensión en cada resistencia y también sus valores en ohmios, solo te queda por calcular la intensidad que circula por cada una de ellas.

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}; I_2 = \frac{V_2}{R_2}; I_n = \frac{V_n}{R_n}; I_T = I_1 + I_2 + I_n$$

Ejercicio 2 Asociación paralelo

Monta el circuito de la figura. La alimentación de 5 V se obtiene directamente del laboratorio Universal Trainer V3. Resuelve los valores teóricos y realiza las medidas prácticas. Completa la tabla adjunta con los resultados.

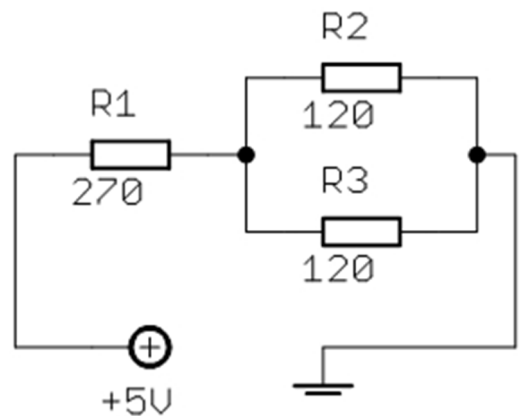
	RESISTENCIA		INTENSIDAD		TENSIÓN		POTENCIA
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico
R1							
R2							
R3							
TOTAL							

P1-6 Asociación mixta

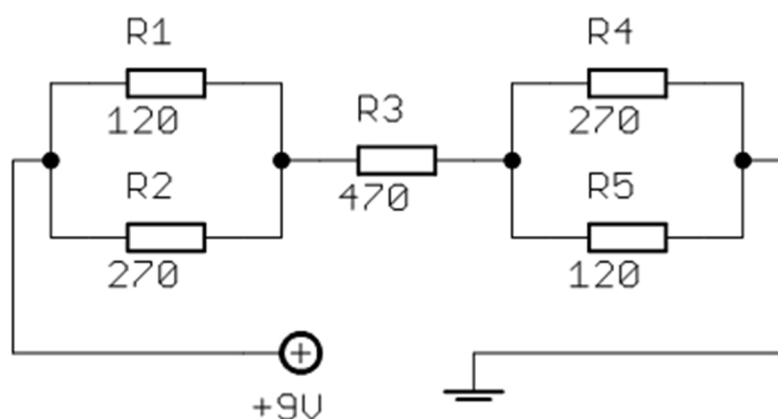
Está compuesta de elementos (resistencias) asociados en serie y en paralelo. Recuerda que los elementos en serie tienen la misma intensidad pero distinta tensión. Los que están en paralelo tienen la misma tensión pero distinta intensidad. Por lo general se empieza calculando la resistencia equivalente de todos los elementos que estén en paralelo entre sí. Luego ya puedes calcular la resistencia total (R_T), la intensidad total (I_T), etc...

Ejercicio 3: Asociación mixta I

Igual que con los ejercicios anteriores monta el circuito de la figura al que alimentarás con la tensión de 5 V desde el laboratorio Universal Trainer V3. Completa la tabla adjunta.



	RESISTENCIA		INTENSIDAD		TENSIÓN		POTENCIA
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico
R1							
R2							
R3							
TOTAL							

Ejercicio 4: Asociación mixta II

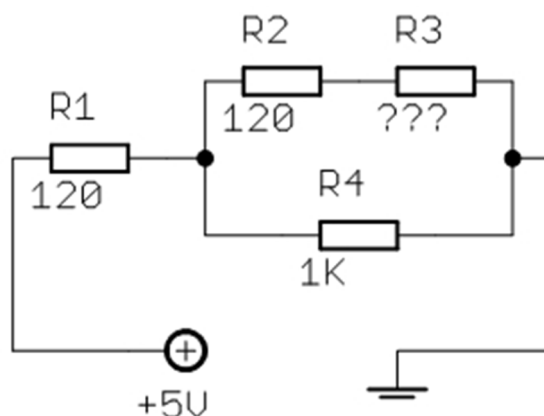
Acabamos con un último circuito de asociación mixta. En esta ocasión se alimenta con una tensión de 9 V que proporciona el laboratorio Universal Trainer V3. Para obtener esta tensión debes emplear el voltímetro. Conecta la punta negra en GND y la roja en la salida de tensión variable +VDC.

Ajusta el potenciómetro +V hasta llegar a leer los 9 V necesarios. Repasa el apartado P5-3 del tema 2 anterior.

	RESISTENCIA		INTENSIDAD		TENSIÓN		POTENCIA
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico
R1							
R2							
R3							
R4							
R5							
TOTAL							

Ejercicio 5: Averiguar el valor de una resistencia

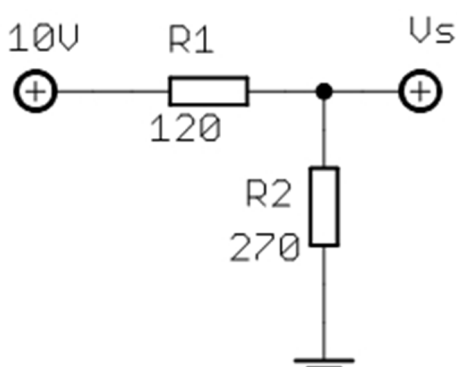
Vamos a hacer algo diferente. En esta ocasión tenemos un circuito mixto como el de la figura pero desconocemos el valor de la resistencia R3. Se trata de calcularla junto con el resto de los valores habituales, sabiendo que I_4 es de 3.7 mA. ¿Te atreves? Pues realiza los cálculos teóricos y luego haz el montaje práctico empleando para R3 el valor más próximo de los que dispongas. Como siempre, completa la tabla adjunta.



	RESISTENCIA		INTENSIDAD		TENSIÓN		POTENCIA
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico
R1							
R2							
R3							
R4			0.0037				
TOTAL							

P2: DIVISORES DE TENSIÓN

Son circuitos que dividen una tensión de entrada (V) para obtener otra de salida (Vs) de valor inferior a la primera. Normalmente se construyen mediante dos resistencias y se emplean para generar tensiones de polarización, de referencia, cambios de nivel, etc... No se emplean para la alimentación de otros equipos eléctricos/electrónicos.

P2-1 Cálculo teórico

Mira el circuito del esquema de la figura. Consta de dos resistencias, R1 y R2, alimentadas con 10 V que se obtienen del generador ajustable del laboratorio. Vamos a calcular teóricamente cuál será la tensión de salida (Vs). Luego monta el circuito y realiza las medidas prácticas necesarias para comprobar su funcionamiento.

Las fórmulas generales que puedes emplear tanto para calcular Vs (tensión en R2) como en R1 son:

$$V_s = V_2 = \frac{V}{(R_1 + R_2)} \times R_2; V_s = \frac{10}{(120 + 270)} \times 270; V_s = \frac{10}{390} \times 270 = 6.92 \text{ V}$$

$$V_1 = \frac{V}{(R_1 + R_2)} \times R_1; V_1 = \frac{10}{(120 + 270)} \times 120; V_s = \frac{10}{390} \times 120 = 3.07 \text{ V}$$

$$\text{Se cumple que : } V = V_1 + V_2; 10 = 3.07 + 6.92$$

Monta el circuito, mide y anota: V1 = _____; V2 = _____

Ejercicio 6: Comparando diferentes divisores

Basándote en el mismo circuito de antes, alimentado con 10 V, te propongo ir cambiando los valores tanto de R1 como de R2 para que analices los diferentes resultados. Completa la tabla tanto con los valores teóricos que calcules como con las medidas que realices.

R1	R2	V1		V2=Vs	
		Teórico	Práctico	Teórico	Práctico
120	120				
270	270				
10K	10K				
1K	10K				
10K	1K				
2.2K	22K				
22K	2.2K				

Conclusiones

Tras completar la tabla y analizarla con cuidado, puedes sacar una serie de conclusiones curiosas:

1. Si ambas resistencias R1 y R2 son del mismo valor, independientemente de cuál sea éste, la tensión en Vs (VR2) siempre es la mitad de la de alimentación (V).
2. La mayor parte de la tensión de alimentación (V) se queda siempre en la resistencia de mayor valor. Si R2 es 10 veces mayor que R1 su tensión (Vs) también será 10 veces mayor.
3. La menor parte de la tensión de alimentación (V) se queda siempre en la resistencia de menor valor. Si R2 es 10 veces menor que R1 su tensión (Vs) también será 10 veces menor.



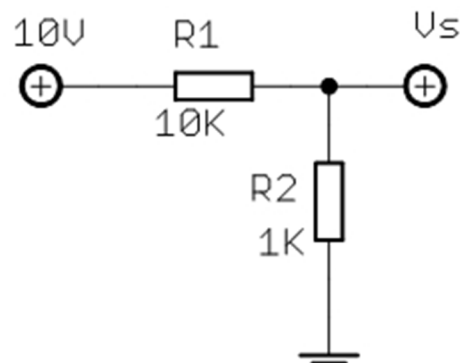
P2-2 Cálculo práctico de un divisor de tensión

Otro aspecto diferente. Vamos a plantear el diseño de un divisor de tensión. Es decir, a partir de una tensión de alimentación ($V = 10\text{ V}$) y de la tensión de salida deseada (p.e. $V_s = 1\text{ V}$), tendremos que calcular el valor de ambas resistencias.

1. Elegimos un valor cualquiera para R2, por ejemplo $1\text{ K}\Omega$ y calculamos la intensidad que va a circular por ella: $I_2 = V_s / R_2 = 1 / 1\text{ K}\Omega$; $V_s = 0.001\text{ A} = 1\text{ mA}$.
2. Como está en serie con R1, la intensidad que circula por esta será la misma: $I_1 = I_2 = 1\text{ mA}$.

3. También conocemos la tensión en R1: $V_1 = V - V_s = 10 - 1 = 9 \text{ V}$.

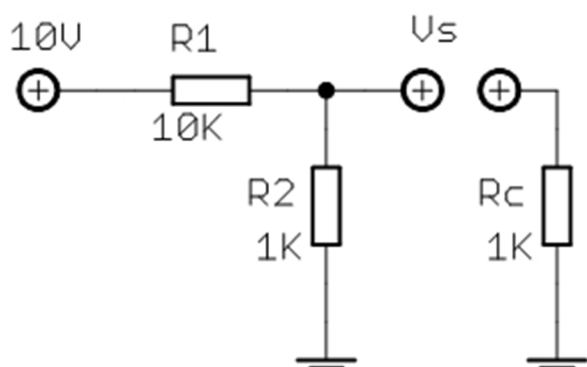
4. Ahora ya puedes calcular su valor: $R_1 = V_1 / I_1 = 9 / 0.001 = 9 \text{ K}\Omega$. De todas las resistencias que dispongas deberás elegir la más parecida. El circuito quedará algo parecido al del esquema siguiente.



Móntalo y comprueba que tanto V_1 como V_2 (V_s) son muy parecidas a las calculadas. Recuerda que R_1 no la pusiste de $9 \text{ K}\Omega$ sino del valor más parecido disponible. Anota las medidas:

$V_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $V_2 = V_s = \underline{\hspace{2cm}}$; No está tal mal ¿verdad?

Ahora bien, te voy a poner en un pequeño aprieto. ¿Para qué quieres el divisor y su tensión de salida (V_s) de 1 V ? Seguramente para aplicarla a algún otro circuito que precise de ella. Ese circuito recibe el nombre de "carga". Vamos a simular ese circuito o carga como si fuera una resistencia de por ejemplo $1 \text{ K}\Omega$. Al conectarla en V_s te quedará el circuito siguiente:



Móntalo y repite nuevamente las medidas:

$V_1 = \underline{\hspace{2cm}}$

$V_2 = V_s = \underline{\hspace{2cm}}$

¿Qué opinas ahora? ¡¡ Vaya chasco ¿no? !!

Una cosa es medir la tensión V_s cuando el divisor está sin carga, en vacío, y otra muy diferente es cuando se la conectas. Ten en cuenta que dicha carga, R_c , queda conectada en paralelo con R_2 y por tanto modifica todas las características del circuito.

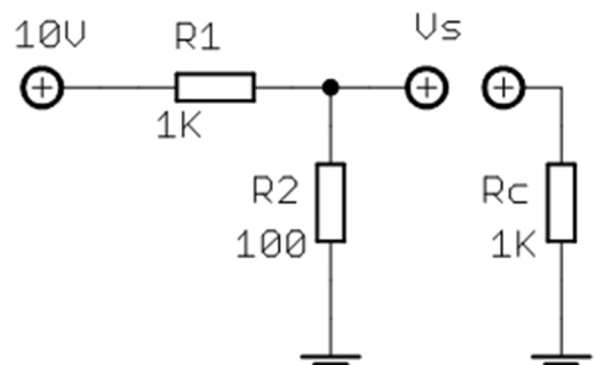


No te preocupes, todo tiene solución (o casi todo). Vamos a volver a recalcular el divisor de tensión pero ahora lo vamos a diseñar teniendo en cuenta la carga R_c que le vamos a conectar. Para ello:

1. Es necesario conocer no solo la tensión V_s que le vas a aplicar a esa carga, sino también su consumo (I_c). En el ejemplo: $I_c = V_s / R_c = 1 / 1000 = 0.001 \text{ A}$ o 1 mA .
2. La intensidad (I) que circula por el divisor debe ser superior a la de la carga, como mínimo 10 veces. De esta forma el consumo de esa carga se minimiza con el del propio divisor: $I = I_c \times 10$; $I = 0.001 \times 10 = 0.01 \text{ A}$.
3. Ya sabes que esta intensidad circula por R_1 y R_2 que están en serie. Así pues ya puedes calcular el valor de R_2 : $R_2 = V_s / I$; $R_2 = 1 / 0.01 = 100 \Omega$.
4. Finalmente debes calcular R_1 : $R_1 = (V - V_s) / I = (10 - 1) / 0.01 = 900 \Omega$. Coge los valores de resistencias más parecidos que tengas. El esquema final será parecido a este.

Móntalo y repite las medidas:

	En vacío	Con carga
R1		
R2=Vs		



Ya ves que ahora los resultados tanto en vacío como con carga son bastante aceptables. Problema resuelto.



P2-3 Divisor de tensión con resistencias variables

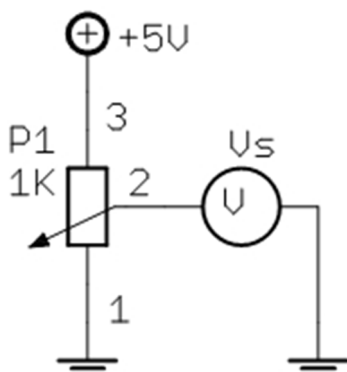
En el mercado de componentes electrónicos disponemos de diferentes dispositivos que actúan como resistencias variables. Te recuerdo alguno de ellos:

- **LDR:** Resistencia que varía inversamente proporcional a la luz visible que incide sobre ella.
- **NTC:** Su resistencia varía inversamente proporcional a la temperatura.
- **PTC:** Resistencia que varía de forma directamente proporcional a la temperatura.



Por supuesto que con cualquiera de ellas puedes construir divisores de tensión. ¿Sabrías deducir qué pasará si las empleas? Pues que si las resistencias varían también lo hará la intensidad que circula por ellas y en consecuencia la tensión. Es decir, vas a poder convertir magnitudes físicas como la luz o la temperatura en una magnitud eléctrica como es la tensión. Cosas de la ley de ohm.

Ejercicio 7: Divisor de tensión con potenciómetro



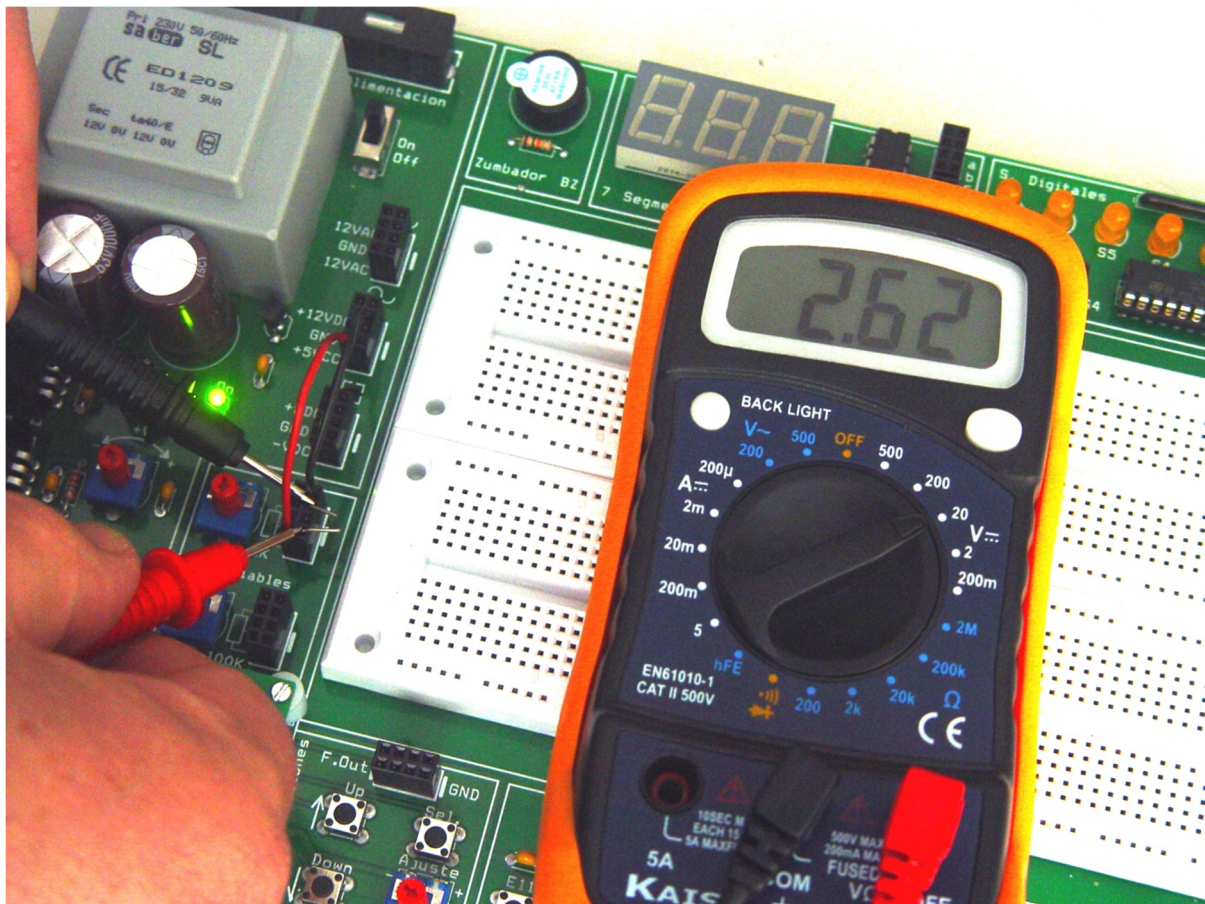
Un sencillo potenciómetro puede actuar como un divisor de tensión. En el apartado P1-6 del Tema 2 ya viste cómo moviendo su eje variabas su resistencia. Fíjate ahora en el esquema de la figura.

Entre los terminales 1 y 3 tenemos la resistencia total del dispositivo. El terminal 2 es el cursor que se desliza entre los terminales 1 y 3.

Si el cursor lo mueves a un extremo, el de abajo, entre 1 y 2 tienes la mínima resistencia, 0Ω , entre 2 y 3 tienes la resistencia máxima. Según mueves el cursor hacia el extremo opuesto, hacia arriba en la figura, la resistencia en 1 y 2 va aumentando pero entre 2 y 3 va disminuyendo. Es decir, entre los terminales 1 y 2 tienes una de las resistencias del divisor de tensión (R_2) que proporciona la tensión V_s . Entre 2 y 3 tienes la otra resistencia, R_1 .

Si conectas una tensión (5 V en el ejemplo) entre los terminales 1 y 3, esa tensión quedará dividida entre dos valores: el que hay entre 1 y 2 y el que hay entre 2 y 3. Puedes comprobarlo con un voltímetro conectado entre el terminal 2 (cursor) y cualquiera de los otros dos.

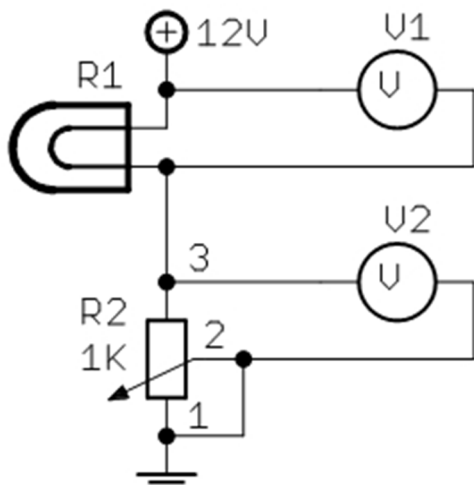
Vas a comprobarlo ahora mismo. Conecta los extremos 1 y 3 del potenciómetro de 1 K del laboratorio a +5 V y GND respectivamente. Coloca el polímetro en voltios (voltímetro) entre el cursor (2) y GND. Según vas moviendo el cursor de un extremo al otro la tensión va variando de 0 V a +5 V. Mira la figura y completa la tabla.



Mover el cursor del potenciómetro de 1 K al...	Tensión entre 1 y 2	Tensión entre 2 y 3
Extremo Izquierdo		
Una cuarta parte a la derecha (aprox.)		
Mitad a la derecha (aprox.)		
Tres cuartos a la derecha (aprox.)		
Extremo derecho		

Fíjate lo que supone el ejercicio anterior. Estas convirtiendo un movimiento mecánico, el del cursor del potenciómetro, en una tensión equivalente y proporcional a ese movimiento.

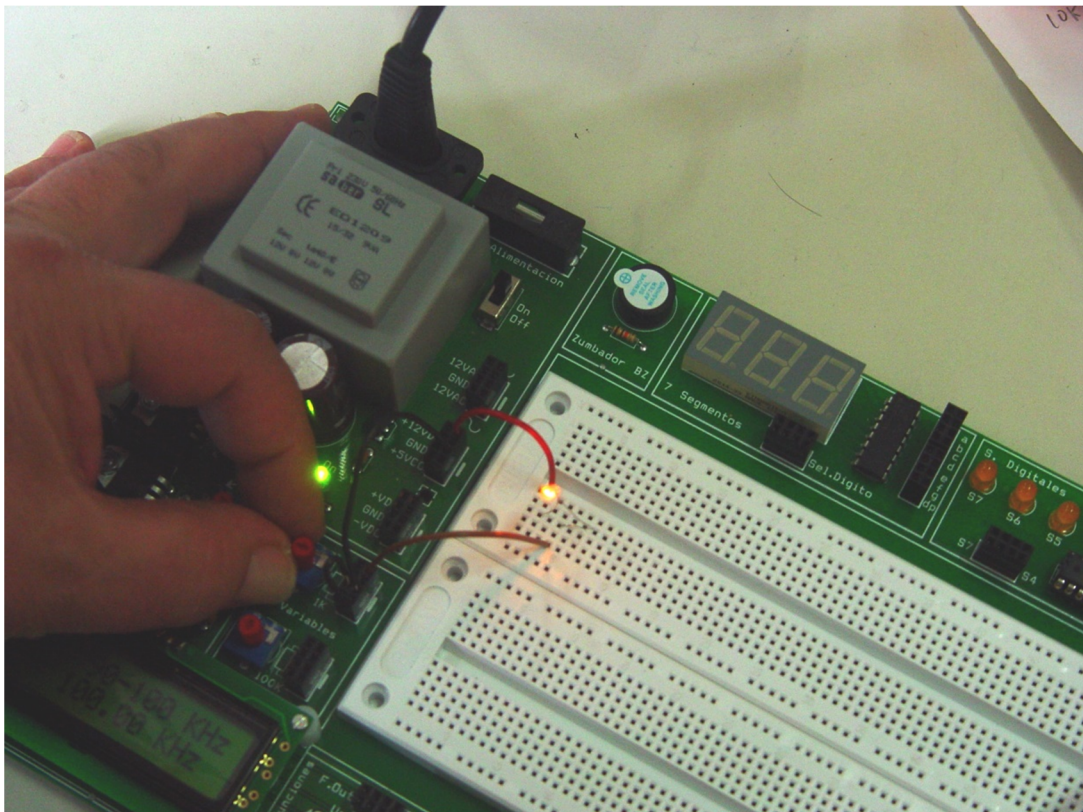
Ejercicio 8: Regulación mediante potenciómetro



Vamos a ver otro ejemplo con un divisor de tensión a partir de un potenciómetro. Mira el esquema de la figura.

El divisor está formado por una lámpara de 12 V (R1) y el potenciómetro de 1 K del laboratorio (R2). Observa que los terminales 1 y 2 están unidos, por lo que entre 1-3 o 2-3 hay una resistencia variable de entre $0\ \Omega$ (cuando el cursor está al tope superior) y $1\ \text{K}\Omega$ (cuando el cursor está en el tope inferior). El voltímetro V1, mide la tensión en la bombilla, mientras

que V2 mide la tensión en el potenciómetro, la que hay en sus terminales 1 y 3 o 2 y 3. Monta el circuito y comprueba cómo puedes regular el brillo de la bombilla.



Analicemos el funcionamiento de este circuito divisor de tensión.

1. En el extremo izquierdo del potenciómetro, cuando el cursor está hacia arriba según el esquema, R2 presenta la mínima resistencia. Según la ley de ohm su caída de tensión es mínima ($V = R \times I$). Prácticamente toda la tensión de entrada se aplica a la lámpara. Luce al máximo.
2. En el extremo derecho del potenciómetro, cuando el cursor está hacia abajo según el esquema, R2 presenta la máxima resistencia (1 k Ω). Según la misma ley de ohm su tensión será casi la máxima ($V = R \times I$). Prácticamente toda la tensión se la queda él por lo que la lámpara se apaga.

Todo esto lo puedes verificar completando la siguiente tabla:

Mover el cursor del potenciómetro de 1 K al...	Tensión de V1	Tensión de V2
Extremo Izquierdo		
Una cuarta parte a la derecha (aprox.)		
Mitad a la derecha (aprox.)		
Tres cuartos a la derecha (aprox.)		
Extremo derecho		

Ejercicio 9: Divisor de tensión con resistencia LDR

Ya sabes que se trata de una resistencia cuyo valor aumenta si disminuye la luz visible que incide sobre ella y viceversa. Dado que en el mercado hay un gran número de modelos con características muy diferentes, te recomiendo que cojas la tuya y midas su resistencia cuando incide la máxima luz (Rmin) y cuando está a oscuras (Rmax). Anótalos.

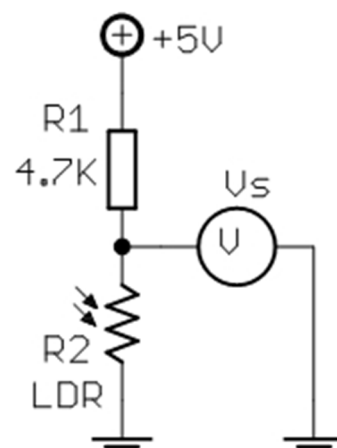
Rmin = _____ ; Rmax = _____

. En el caso de la LDR que dispongo y con la que voy a hacer las pruebas obtengo los siguientes valores que usaré como referencia en lo sucesivo:

Con luz (Rmin) = 1 K Ω ; Sin luz (Rmax) = 50 K Ω

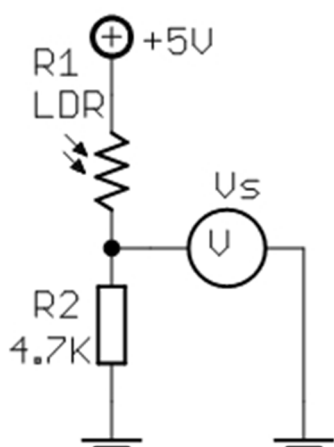
Vas a montar el divisor de tensión que se muestra en el esquema de la figura. R1 es una resistencia de 4.7 KΩ y R2 es la propia LDR cuyo valor varía con la luz visible que incide sobre ella. Tomando como referencia mi célula LDR tenemos que Rmin = 1KΩ y Rmax = 50KΩ. A partir de este dato podemos calcular la tensión Vs para cada caso. Recuerda la ecuación del apartado P2-1:

$$V_s = V_2 = \frac{V}{(R_1 + R_2)} \times R_2$$



Según eso, coge el voltímetro y mide la tensión Vs en la LDR (R2) y completa la tabla.

	LUZ MÁXIMA (R2 = Rmin)		LUZ MÍNIMA (R2 = Rmax)	
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico
Vs				



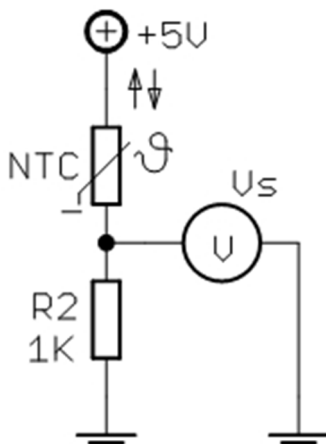
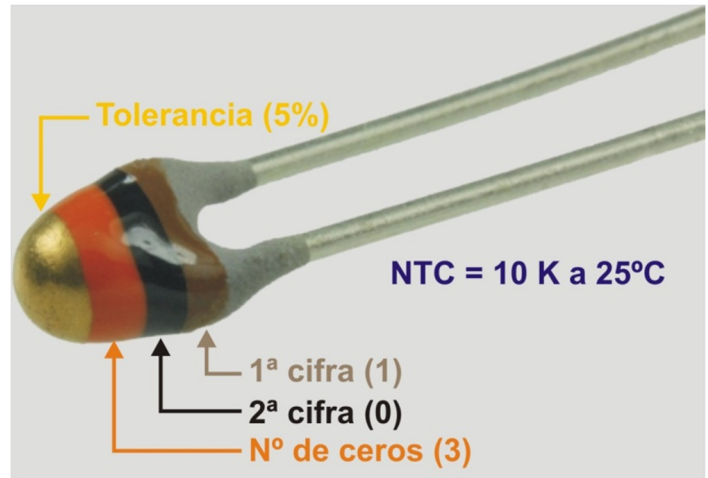
Ahora monta el circuito de este nuevo esquema. Observa que sigue siendo un divisor formado por una resistencia fija de 4.7 KΩ (R2) y la resistencia LDR variable (R1). Repite los cálculos teóricos y vuelve a hacer las medidas prácticas. Anota en la tabla los nuevos resultados. ¿Qué te sugiere?

	LUZ MÁXIMA (R1 = Rmin)		LUZ MÍNIMA (R1 = Rmax)	
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico
Vs				

Te hago notar que gracias a la LDR y el divisor de tensión tienes un circuito capaz de convertir una magnitud física como es la luz, en una magnitud eléctrica como es la tensión.

Ejercicio 10: Divisor de tensión con resistencia NTC

Es una resistencia cuyo valor aumenta si disminuye la temperatura y viceversa. Las hay de formas y tamaños variados. La imagen muestra el modelo NTCLE100E3103JB0 del fabricante Vishay. Su valor se expresa mediante un código de colores similar al de las resistencias y en ese modelo se trata de una NTC de 10 K Ω a temperatura ambiente de 25°C.



Según la información técnica que facilita el fabricante se indica que su valor en ohmios puede variar desde los 332 K Ω a -40° C, hasta los 182 Ω a 150° C.

Monta el circuito experimental del esquema. Nuevamente se trata de un divisor de tensión formado por la NTC (R1) y la resistencia fija R2. La tensión de salida Vs presente en R2 será dependiente de la temperatura. Cuando esta es muy baja la resistencia de la NTC es muy alta por lo que se queda prácticamente con toda la tensión. Vs será pequeña. Si aumenta la temperatura la resistencia NTC disminuye de valor y también la su caída de tensión. Vs aumentará.

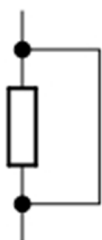
De una forma aproximada puedes deducir la temperatura a partir de la tensión Vs. Fíjate bien. Supón que Vs = 3 V, entonces puedes deducir la intensidad I que circula por el divisor: $I = V_s / R_2 = 3 / 1000 = 0.003$ A. Si conoces Vs también puedes calcular la tensión que hay en ese momento en la NTC: $V_{ntc} = V - V_s = 5 - 3 = 2$ V. Ahora ya puedes calcular el valor actual de la NTC en ohmios: $R_{ntc} = V_{ntc} / I = 2 / 0.003 = 666.66$ Ω . Por último vas a las curvas o tablas que facilita el fabricante y obtendrás la temperatura aproximada. En nuestro modelo de NTC a una resistencia de 666.66 Ω le corresponde una temperatura de unos 100° C. Has convertido otra magnitud física en tensión.



P2-4 ¿Averías en un divisor?

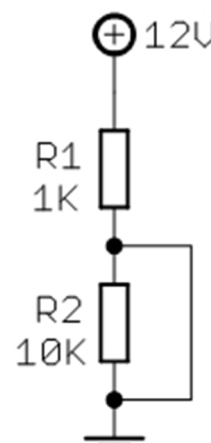
Hasta el momento estamos usando resistencias para construir los divisores. ¿Qué ocurriría si una de las dos resistencias estuviera estropeada? En primer lugar vamos a ver los posibles fallos que puede tener una resistencia (quien habla de una resistencia puede hablar de otros componentes o circuitos).

Resistencia en cortocircuito

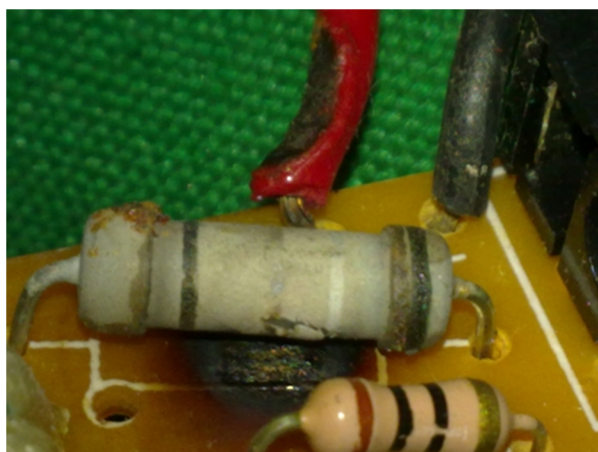


No es una avería muy frecuente en una resistencia. Se puede producir durante el montaje o soldadura de esa resistencia en el circuito. A efectos prácticos es como si sus dos patillas estuvieran unidas entre sí. Mira el equivalente eléctrico. Se dice que la resistencia está "puenteada".

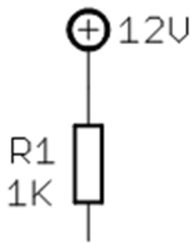
La caída de tensión en ella es de 0 V y la intensidad dependerá de otros elementos, aunque seguramente será más alta. Esto se puede demostrar fácilmente. Mira este divisor de tensión en el que R2 está en cortocircuito. La intensidad total I solo pasa por R1: $I = V / R = 12 / 1000 = 12 \text{ mA}$. La tensión en V2, la puenteada, será: $V2 = I \times R2 = 0.012 \times 0 = 0 \text{ V}$. Toda la tensión queda en R1: $V = R \times I = 1000 \times 0.012 = 12 \text{ V}$.



Resistencia abierta o cortada



Es lo contrario. La resistencia se abre internamente y su valor en ohmios sube hasta el infinito. Esta avería sí que suele ser más frecuente. Se puede producir por una falsa soldadura o conexión, o también porque la resistencia no era capaz de disipar el calor que se generaba en su interior (potencia) y se ha quemado. La puedes considerar como un circuito abierto, sin conexión alguna.



La corriente que circula a su través es de 0 A y la tensión dependerá de otros elementos del circuito. Se puede demostrar mediante el siguiente circuito. R2 está quemada y a efectos eléctricos es como si no estuviera. El circuito queda abierto.

R2

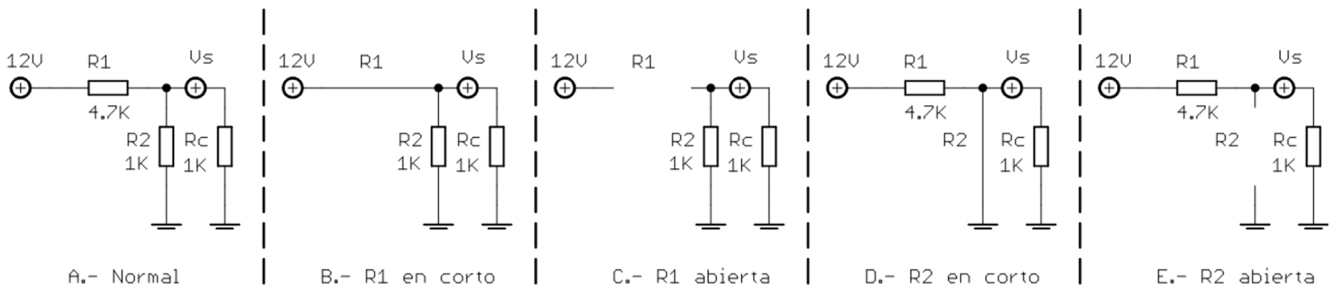


La intensidad por el divisor es 0 ya que la resistencia es infinita: $I = V / R = 12 / \infty = 0 \text{ A}$.

Vamos a usar un divisor que alimenta a una carga (R_c). Sobre él vamos a suponer diferentes situaciones o casos y sus consecuencias. Para ello recordemos que:

$$R_T = R_1 + (R_2 || R_c); \quad I_T = \frac{V_T}{R_T}; \quad V_1 = R_1 \times I_T; \quad V_s = V_2 = V - V_1$$

Se trata de que hagas los cálculos teóricos para cada caso (A, B, C, D y E) y luego los montes en el laboratorio y realices las medias prácticas. Completa la tabla.

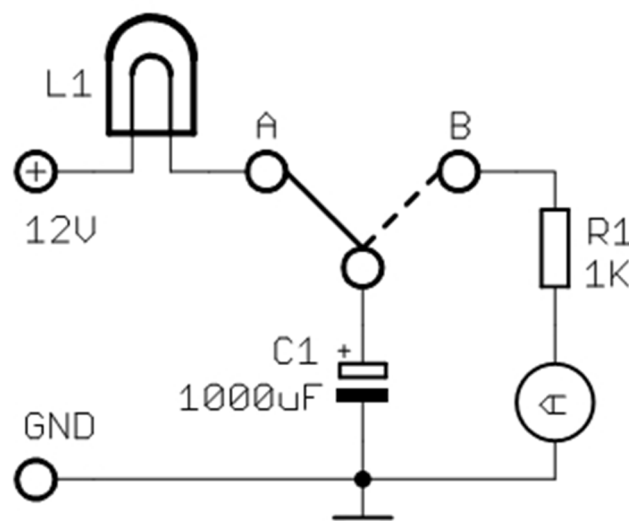


CASOS	TENSION DE SALIDA EN V_s	
	Teórico	Práctico
Caso A: circuito normal		
Caso B: R1 en corto		
Caso C: R1 abierta		
Caso D: R2 en corto		
Caso E: R2 abierta		

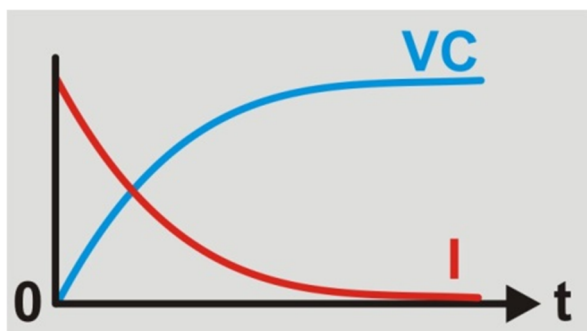
P3: CIRCUITOS R-C EN CORRIENTE CONTINUA (DC)

El condensador es un componente que se comporta como un almacén de energía o tensión. A diferencia de una resistencia, que siempre deja pasar más o menos intensidad, el condensador únicamente deja pasar intensidad en los instantes en que se está cargando o descargando. Esos instantes reciben el nombre de "régimen transitorio". Una vez cargado o descargado la intensidad deja de fluir a su través. Se dice que el condensador se encuentra en un "régimen estable" ya que se mantiene así de forma indefinida.

Mediante el sencillo circuito del esquema vas a poder comprobar esos regímenes. Móntalo y cuidado con la polaridad del condensador, es electrolítico.



1. Al cerrar el circuito con el punto A el condensador inicia su carga. En este breve instante hay un paso de intensidad que ilumina la bombilla L1. Estate atento. Una vez cargado la intensidad deja de fluir y por tanto la bombilla se apaga y permanece así hasta un nuevo ciclo de carga.
2. Cuando cierras el circuito con el punto B el condensador se descarga a través de la resistencia R1. Hemos puesto un amperímetro para que puedas ver la intensidad que circula. Estate también atento ya que cuando el condensador termina de descargarse el flujo de corriente vale 0 A hasta una nueva descarga.



El funcionamiento se puede representar en una gráfica como la de la figura. En el instante $t=0$ el condensador está vacío ($V_c=0$), sin embargo la intensidad (I) que circula a su través es la máxima. Luego el condensador va adquiriendo carga, tensión, y en la medida que se va llenando la intensidad va decreciendo hasta llegar a 0.

Se dice que: La intensidad (I) que circula en los regímenes transitorios está desfasada, adelantada, respecto a la tensión en el condensador (Vc).

P3-1 Constantes de carga y descarga

¿Cuánto tarda en cargarse (o descargarse) un condensador? Piensa que cuanto mayor sea su capacidad se necesitará más tiempo (t) para cargarlo. Por otra parte cuanto mayor sea la resistencia la intensidad de la carga será menor, por lo que también tardará más en cargarse. Parece lógico ¿no? La fórmula más sencilla y bastante aproximada que puedes emplear es:

$$t = 5 \times R \times C$$

- t: Tiempo en segundos
R: Valor de la resistencia en ohmios
C: Valor del condensador en faradios

P3-2 Ejercicio 11: Comprobación de las constantes de carga y descarga

Sabiendo esto ahora puedes comprobarlo sobre el circuito anterior. En el ciclo de carga tenemos al condensador en serie con la lámpara cuya resistencia interna es aproximadamente 30Ω (puedes medir la tuya).

$$t_{\text{carga}} = 5 \times R \times C = 5 \times 30 \times 0.001 \text{ F} = 0.15 \text{ s}$$

En el ciclo de descarga, cuando cierras el circuito con el punto B, el condensador queda en serie con la resistencia R1 de $1 \text{ K}\Omega$. En estas condiciones:

$$t_{\text{descarga}} = 5 \times R \times C = 5 \times 1000 \times 0.001 \text{ F} = 5 \text{ s}$$

Ahora entenderás porqué la bombilla brilla durante un instante muy breve (0.15 s) mientras que la variación de la intensidad que mide el amperímetro durante la descarga dura bastante más (5 s). Con el mismo circuito vas a probar a cambiar los valores tanto de la resistencia R1 como del condensador C1, con objeto de comprobar las variaciones en las constantes de carga/descarga. Completa la siguiente tabla aunque quizá ciertos

valores prácticos de los tiempos de carga no puedas medirlos por ser muy breves, ya que la resistencia interna de la bombilla no la podemos variar.

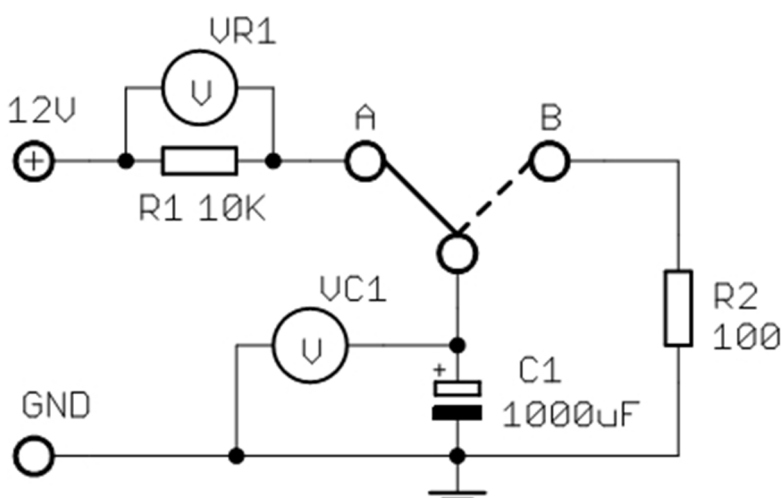
El tiempo de descarga lo mides en base a lo que tarda el amperímetro en llegar desde la máxima intensidad (cuando comienza la descarga), hasta los 0 A (descarga finalizada). Como en los ciclos de carga/descarga (régimen transitorio) el condensador se comporta como un conductor, la intensidad (I) máxima en el instante $t=0$ (y solo en ese instante) se puede calcular: $I_{max} = V / R1$.



Recuerda que para iniciar un ciclo de carga debes cerrar el circuito con el punto A, y para un ciclo de descarga debes cerrar con el punto B. Lo comento porque si por ejemplo, quieres medir un tiempo de carga y te despistas, debes hacer un ciclo de descarga y volver a intentarlo.

VALORES DE R1 / C1	TIEMPO DE CARGA		TIEMPO DE DESCARGA	
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico
1 K Ω / 100 μ F				
4.7 K Ω / 100 μ F				
10 K Ω / 100 μ F				
4.7 K Ω / 1000 μ F				
10 K Ω / 1000 μ F				

P3-3 Ejercicio 12: Curva de carga del condensador



Monta el circuito de la figura. Cuando cierras el circuito con el punto A, el condensador inicia el ciclo de carga a través de R1. Cuando cierras con el punto B el condensador se descarga a través de R2. Puedes deducir fácilmente que el ciclo de carga dura bastante más (unos 50 ") que el de descarga (unos 0.5 ").

El ejercicio es fácil de entender pero complicado de llevar a la práctica. Quizás necesites la ayuda de algún compañero, amigo o familiar que te ayude a tomar notas. Básicamente se trata de tomar muestras cada 5 segundos de la tensión con que se va cargando el condensador C1 (VC1).

Una vez cargado lo descargas cerrando el circuito con el punto B. Y vuelves a repetir el ciclo de carga cerrando con el punto A. En esta ocasión vas a tomar muestras cada 5 segundos de la tensión en la resistencia R1 (VR1).

Cuando tengas todas las muestras, tanto de VC1 como de VR1, puedes calcular la intensidad (I) de carga ya que conoces las tensiones en R1 y su valor: $I = VR1 / R1$. Con todos los valores completas la siguiente tabla.

	MUESTRAS CADA 5 SEGUNDOS DESDE EL INSTANTE $t=0$									
	$t=0$	$t+5$	$t+10$	$t+15$	$t+20$	$t+25$	$t+30$	$t+35$	$t+40$	$t+45$
VC1										
VR1										
I										

Los valores de VC1 y VR1 que has anotado los pasas a la siguiente gráfica para obtener algo parecido a la curva de carga (o descarga) de un condensador. La intensidad está en fase con VR1 pero desfasada respecto a VC1.

