

CLASE 1: FUNDAMENTOS DE ELECTROTECNIA PARA ELECTRÓNICA DIGITAL

1. INTRODUCCIÓN: ¿Por qué necesitamos esto?

La electrónica digital trabaja con señales discretas (0s y 1s), pero físicamente estos son niveles de voltaje. Para diseñar circuitos que funcionen correctamente, necesitamos entender:

- Cuánta corriente consume un microcontrolador
- Cómo proteger un LED con la resistencia adecuada
- Por qué una entrada "flotante" da lecturas erráticas
- Cómo calcular el consumo de energía de un proyecto con batería

Objetivo de la clase: Comprender magnitudes eléctricas básicas y su aplicación directa en circuitos digitales.

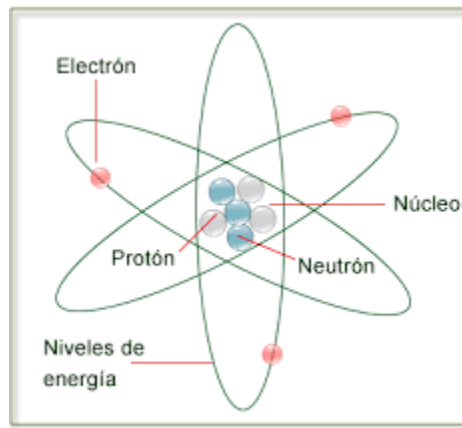
2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.1 Carga Eléctrica (Q)

Aspecto	Descripción
Definición	Propiedad física de la materia que experimenta fuerzas en campos electromagnéticos
Unidad	Coulomb (C)
Partícula	Electrón carga negativa (-1.6×10^{-19} C), protón carga positiva

En electrónica digital: Los bits físicos son electrones moviéndose (o no) en conductores. Un "1" lógico representa presencia de voltaje (energía potencial para mover electrones).

https://www.youtube.com/watch?v=ERQ3zyo_K34



2.2 Corriente Eléctrica (I)

Definición: Flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo a través de un conductor.

$$I = Q/t$$

Símbolo	Unidad	Equivalencia
I	Amperio (A)	1 A = 1 C/s

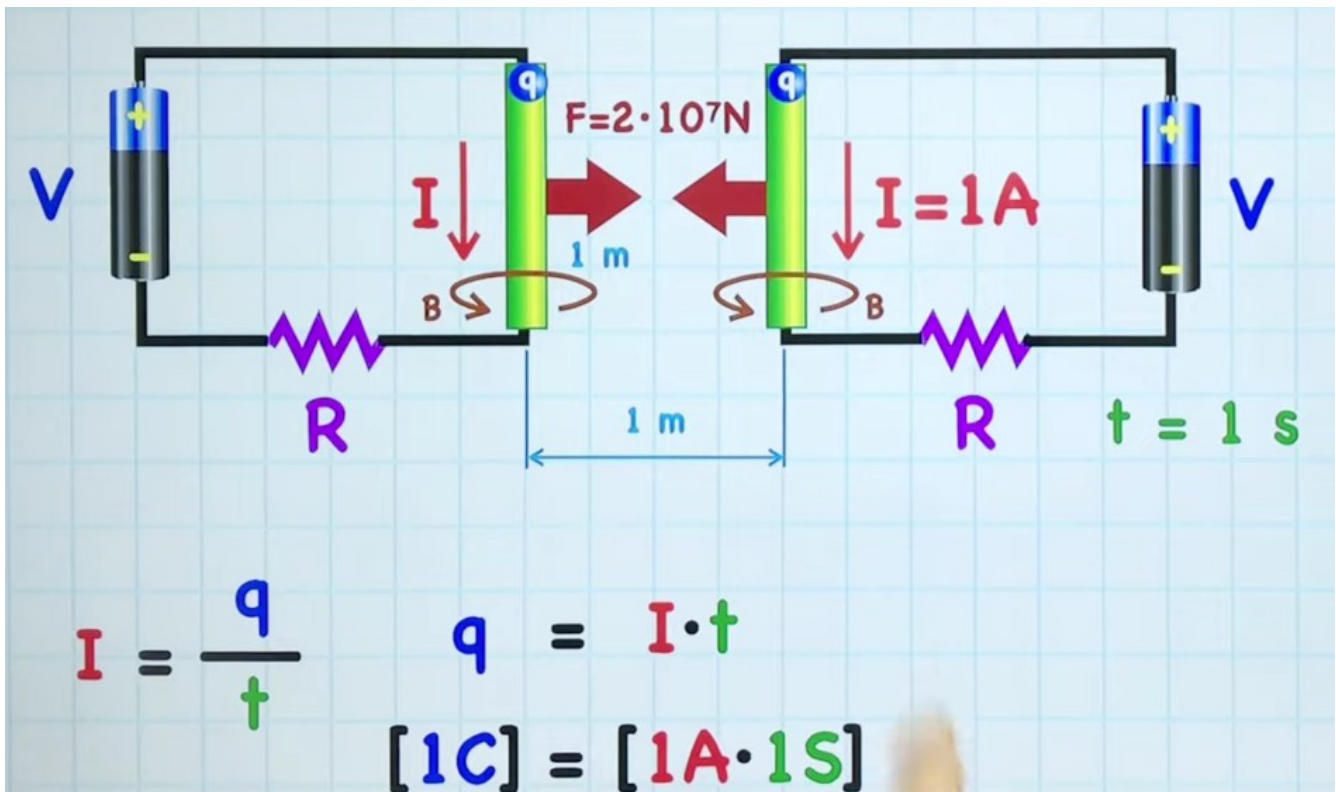
Sentido convencional: De positivo (+) a negativo (-)

Sentido real de electrones: De negativo (-) a positivo (+)

Dato importante: En un cable doméstico calibre 12, los electrones se mueven a ~0.02 cm/s. Sin embargo, la señal electromagnética viaja casi a la velocidad de la luz (por eso la luz se enciende instantáneamente).

Aplicación en digital: Un pin de Arduino puede entregar máximo 40 mA (0.04 A). Exceder esto quema el microcontrolador.

https://www.youtube.com/watch?v=ERQ3zyo_K34



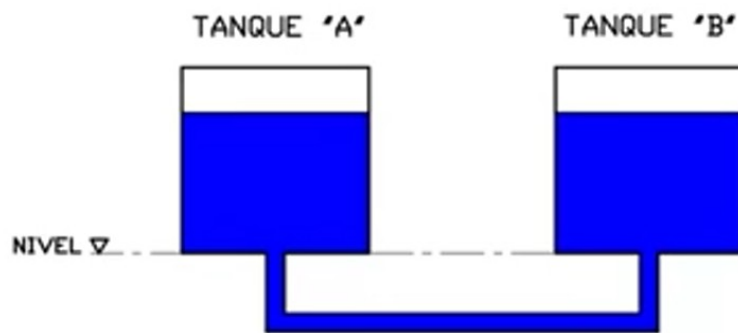
2.3 Tensión o Voltaje (V)

Definición: Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Representa la energía por unidad de carga disponible para mover electrones.

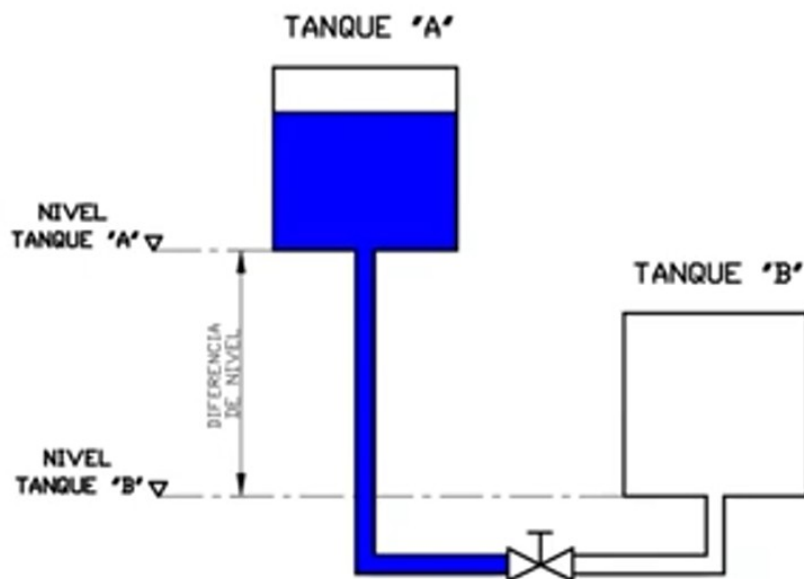
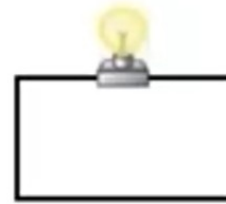
Símbolo	Unidad
V	Voltio (V)

Analogía hidráulica :

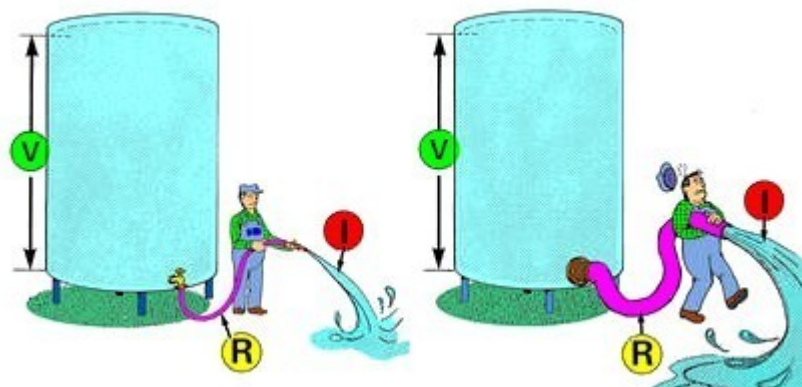
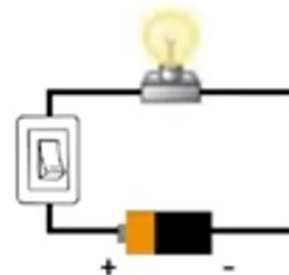
Sistema Hidráulico	Circuito Eléctrico
Diferencia de altura entre tanques	Diferencia de potencial (voltaje)
Agua que fluye	Corriente eléctrica
Tubería estrecha (resistencia al flujo)	Resistencia eléctrica
Válvula (controla paso)	Interruptor



Circuito eléctrico equivalente



Circuito eléctrico equivalente



Niveles típicos en electrónica digital:

- TTL (Transistor-Transistor Logic): 5V
- CMOS moderno: 3.3V, 1.8V

2.4 Resistencia Eléctrica (R)

Definición: Oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica.

Símbolo	Unidad	Factores que afectan
R	Ohmio (Ω)	Material, longitud, sección transversal, temperatura

Fórmula de resistividad:

$$R = \rho(L/A)$$

Donde ρ = resistividad del material, L = longitud, A = área de sección.

3. LEY DE OHM: LA HERRAMIENTA FUNDAMENTAL

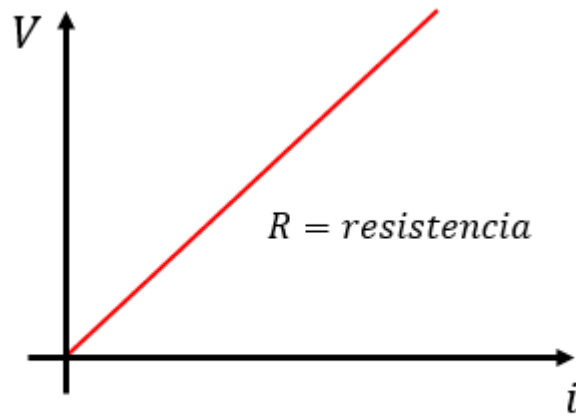
"La corriente que circula por un conductor es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia"

La ley de Ohm tiene un amplio rango de aplicaciones prácticas, especialmente en el diseño, análisis y funcionamiento de circuitos eléctricos y electrónicos. Por citar algunos ejemplos como vemos a continuación:

- Como veremos más abajo, nos ayuda a encontrar el valor de una resistencia necesaria para limitar la corriente en un circuito.
- Dimensionar componentes en dispositivos como computadoras, televisores y teléfonos móviles.
- Se utiliza en sistemas eléctricos para evitar sobrecalentamiento en resistencias o cables.
- Para el análisis de circuitos domésticos
- Para el mantenimiento de equipos electrónicos (por ejemplo identificar componentes defectuosos midiendo la corriente y el voltaje y verificando si cumplen con la ley de Ohm
- Se utiliza también en paneles solares, así también para calcular las corrientes generadas en diferentes condiciones de carga y resistencia

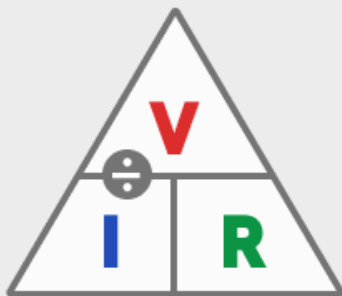
Y su aplicación puede seguir siendo extensa, por ejemplo en la medicina (diseñando dispositivos biomédicos), automoción (en sistemas eléctricos en automóviles), como luces y sistemas de carga, y por supuesto en la industria (optimización de procesos en motores eléctricos y circuitos de control).

$$V = I \times R$$

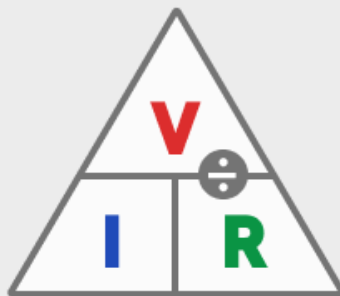


Gráfica de Voltaje vs Corriente

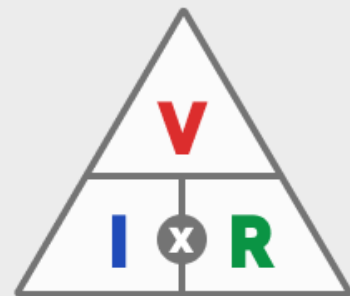
Triángulo de memorización:



$$R = \frac{V}{I}$$



$$I = \frac{V}{R}$$



$$V = I \times R$$

Despejes:

- $I = V / R$ (calcular corriente)
- $R = V / I$ (calcular resistencia necesaria)

Ejemplo práctico:

Si aplicamos 12 V a una resistencia de 4 Ω , la corriente será:

$$I = 12 \text{ V} / 4 \Omega$$

$$I = 3 \text{ A}$$

EJEMPLO PRÁCTICO 1: LED con Arduino

Problema: Quieres conectar un LED rojo a un pin de Arduino (5V). El LED tiene:

- Caída de voltaje típica: 2V
- Corriente máxima recomendada: 20 mA (0.02 A)

¿Qué resistencia necesitas?

Solución paso a paso:

1. Voltaje en la resistencia: El LED "consume" 2V, sobran 5V - 2V = 3V

2. Corriente deseada: 20 mA = 0.02 A

3. Aplicar Ley de Ohm:

$$R = (V / I) = 3V / 0.02A = 150 \Omega$$

4. Valor comercial: Usamos 150 Ω o el estándar más cercano (220 Ω para mayor seguridad)

Si omites la resistencia: $I = 5V / 0\Omega = \infty$ (teóricamente) → LED quemado instantáneamente, posible daño al pin del Arduino.

Ejercicio en clase:

Cual seria la resistencia que requiere un led si el voltaje es de 6 V?

Los colores rojo, naranja y amarillo suelen requerir menos voltaje (aprox. 1.6V - 2.4V), mientras que los azules, verdes y blancos requieren un voltaje mayor (aprox. 3V - 3.5V) para funcionar, con corrientes estándar de 20mA.

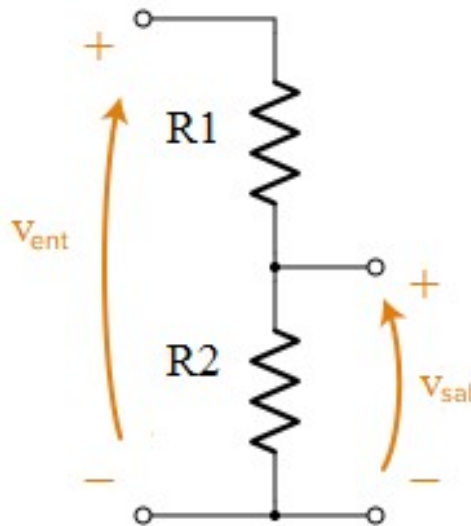
Cual seria la resistencia que requiere un led de color blanco si el voltaje es de 5 V?

EJEMPLO PRÁCTICO 2: Divisor de Voltaje

Los divisores de voltaje son esenciales en digital para:

- Adaptar niveles de señal (5V → 3.3V)
- Sensores resistivos (LDR, termistores)
- Referencias de voltaje

Circuito básico:



Vcc (5V) ---[R1]---+--- Vout ---[R2]--- GND (0V)

Fórmula:

$$V(\text{out}) = V(\text{cc}) \times (R2 / (R1 + R2))$$

Ejemplo: Necesitas 3.3V a partir de 5V para un sensor.

Si $R1 = 1\text{k}\Omega$ y $R2 = 2\text{k}\Omega$:

$$V(\text{out}) = 5\text{V} \times (2000 / (1000 + 2000)) = 5\text{V} \times (2/3) = 3.33\text{V} \$\$$$

4. POTENCIA Y ENERGÍA ELÉCTRICA

4.1 Potencia (P)

Definición: Tasa a la que se consume o entrega energía eléctrica, en otras palabras : La potencia (W) es cuán rápido se usa la energía.

Símbolo	Unidad	Equivalencia
P	Vatio (W)	1 W = 1 J/s = 1 V × 1 A

Fórmulas derivadas de la Ley de Ohm:

$$P = V \times I = I^2 \times R = V^2 / R$$

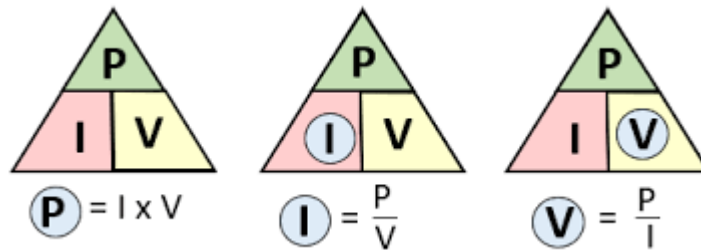
Ejemplo: Una lámpara de 60 W conectada a 120 V. Calcular su corriente I y resistencia R.

- Corriente: $I = P / V = 60 / 120 = 0.5 \text{ A}$
- Resistencia: $R = V^2 / P = 120^2 / 60 = 240 \Omega$

Aplicación: Calcular disipación térmica. Una resistencia de 150Ω con 20mA:

$$P = I^2 \times R = (0.02)^2 \times 150 = 0.06 \text{ W} = 60 \text{ mW}$$

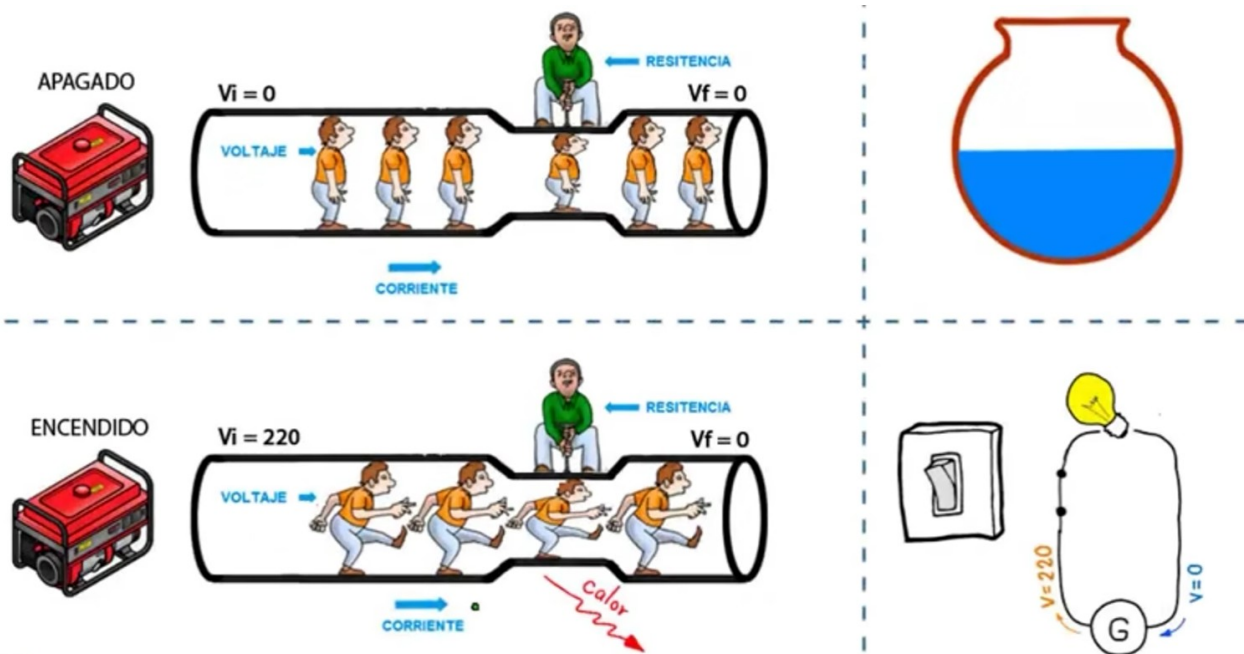
(Resistencia de 1/4W es suficiente)



4.2 Energía Eléctrica (E)

Definición: Potencia consumida durante un tiempo.

Símbolo	Unidades comunes
E	Joule (J) o kilovatio-hora (kWh)



Fórmulas:

$$E = P \times t$$

Conversión crítica:

$$1\text{kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

Ejemplo: Un computador de 300 W funciona 5 horas al día. Calcular el consumo de energía diaria y el costo mensual si el precio kWh es de \$0.15

- Energía diaria: $E = 300 \text{ W} \times 5\text{h} = 1500 \text{ Wh} = 1.5 \text{ kWh}$
- Costo mensual \$ = $1.5 \times 30 \times 0.15 = \$ 6.75$

EJEMPLO PRÁCTICO 3: Consumo de un proyecto IoT

Dispositivo: ESP32 (microcontrolador WiFi)

- Consumo activo: 240 mA @ 3.3V
- Funcionamiento: 5 minutos cada hora (envío de datos)
- Fuente: Batería de 3.7V, 2000 mAh

¿Cuánto dura la batería en días?

1. Potencia consumida: $P = 3.3\text{V} \times 0.24\text{A} = 0.792 \text{ W}$

2. Energía diaria:

- Minutos activos al día: $5 \text{ min} \times 24 = 120 \text{ min} = 2 \text{ horas}$
- $E = 0.792\text{W} \times 2\text{h} = 1.584 \text{ Wh} = 0.001584 \text{ kWh}$

3. Capacidad de batería: $3.7V \times 2000mAh = 7.4 \text{ Wh}$

4. Autonomía: $7.4 \text{ Wh} / 1.584 \text{ Wh por día} \approx 4.7 \text{ días}$

Conclusión: Necesitas modo de bajo consumo (sleep) para durar meses, no días.

EJEMPLO PRÁCTICO 4: Consumo en Kwh y en J

Calcula qué energía eléctrica suministra a la red de alta tensión una central eléctrica de 2MW de potencia durante 1día de funcionamiento (en kWh y J)

Datos:

$$P = 2 \text{ MW} = 2 \times 10^6 \text{ W}$$

Para J trabajamos en segundos

$$t = 1 \text{ día} \cdot (24 \text{ h} / 1 \text{ día})(60 \text{ min} / 1 \text{ h})(60 \text{ s} / 1 \text{ min}) = 86400 \text{ s}$$

$$E = P \cdot t = 2 \times 10^6 \text{ W} \cdot 86400 \text{ s} = \mathbf{1,73 \cdot 10^{11} \text{ J}}$$

Para kWh

$$t = 1 \text{ día} \cdot (24 \text{ h} / 1 \text{ día}) = 24 \text{ h}$$

$$E = P \cdot t = 2 \times 10^6 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = \mathbf{48000 \text{ kWh}}$$

EJERCICIOS:

Actividad Potencia 1:

Calcula la potencia eléctrica de un motor eléctrico por el que pasa una intensidad de corriente de 3 A y que tiene una resistencia de 200 ohmios. Calcula la energía eléctrica consumida por el motor si ha estado funcionando durante 10 minutos.

Actividad Potencia 2:

La batería de un automóvil aplica un voltaje de 12 V a los terminales de su motor de arranque, el cual, al ser accionado, toma una intensidad de corriente de 50 A, ¿Cuál es la potencia desarrollada por dicho motor eléctrico?

5. ELEMENTOS DE CIRCUITO

5.1 Elementos Activos (generan energía)

Tipo	Descripción	Ejemplo digita
Fuente de voltaje independiente	Voltaje fijo	Batería 9V, USB 5V
Fuente de voltaje dependiente	Voltaje proporcional a otra variable	Modelos de transistores
Fuente de corriente independiente	Corriente constante	Cargadores de batería Li-Ion
Fuente de corriente dependiente	Corriente proporcional	Amplificadores operacionales

5.2 Elementos Pasivos (consumen/almacenan energía)

Elemento	Función	Unidad	Ecuación	Uso en digital
Resistencia (R)	Disipa energía como calor	Ω	$V = I \times R$	Limitación de corriente, pull-up/pull-down
Capacitor (C)	Almacena energía en campo eléctrico	Faradio (F)	$I = C \times (dV/dt)$	Filtros, desacoplamiento, memorias
Inductor (L)	Almacena energía en campo magnético	Henrio (H)	$V = L \times (dI/dt)$	Fuentes switching, filtros EMI

6. CONCEPTOS CRÍTICOS PARA ELECTRÓNICA DIGITAL

6.1 Niveles Lógicos y Umbrales

En digital no tenemos "cualquier voltaje", sino rangos definidos:

TTL estándar (5V):

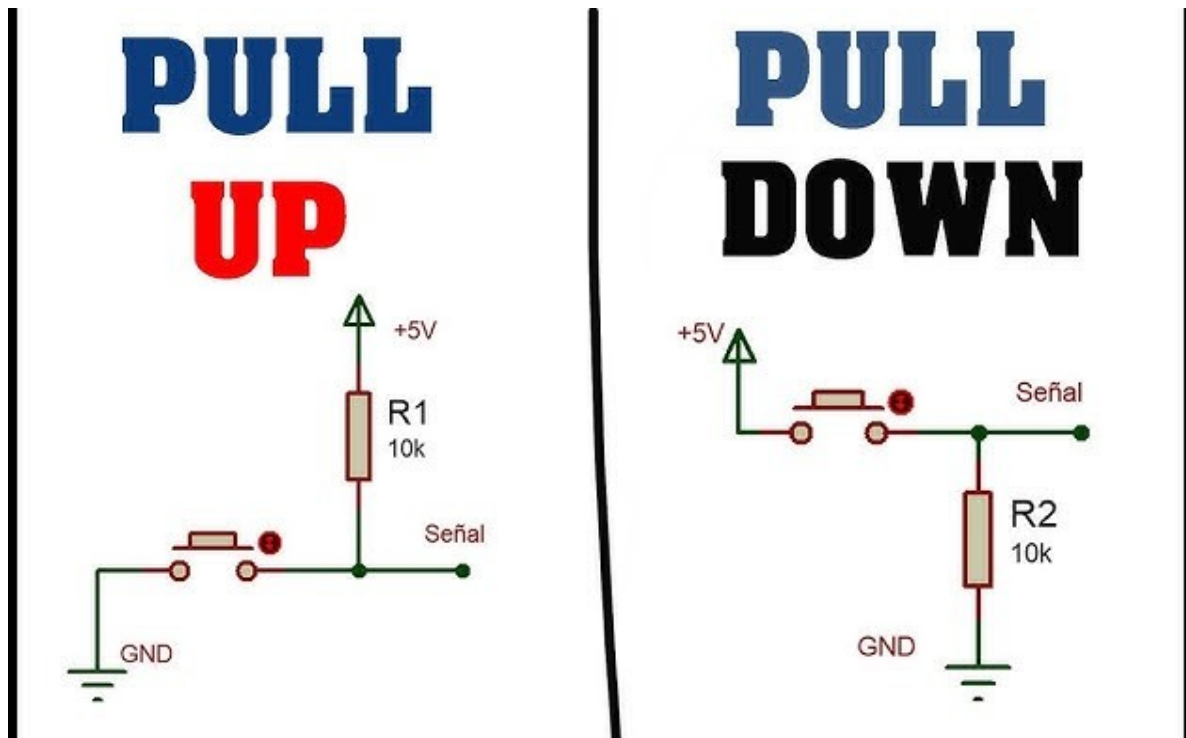
Estado	Rango de voltaje	Interpretación
LÓGICO 0 (LOW)	0V - 0.8V	"Apagado", "Falso", "0"
ZONA PROHIBIDA	0.8V - 2.0V	Indeterminado (evitar)
LÓGICO 1 (HIGH)	2.0V - 5.0V	"Encendido", "Verdadero", "1"

CMOS 3.3V:

Estado	Rango típico
LÓGICO 0	0V – 0.8V
LÓGICO 1	2.0V - 3.3V

Problema común: Conectar 5V a un pin de 3.3V daña el chip. Se necesita adaptador de niveles.

6.2 Resistencias Pull-Up y Pull-Down



El problema: Una entrada digital sin conexión definida ("flotante") recoge ruido electromagnético y oscila entre 0 y 1 aleatoriamente.

La solución: Forzar un estado por defecto con resistencias.

PULL-UP (estado por defecto = 1)

...

- Pulsador no presionado: Entrada = 5V (HIGH) → a través de la resistencia
- Pulsador presionado: Entrada = 0V (LOW) → conectado directo a GND

PULL-DOWN (estado por defecto = 0):

- Pulsador no presionado: Entrada = 0V (LOW) → a través de la resistencia a GND
- Pulsador presionado: Entrada = 5V (HIGH) → conectado directo a Vcc

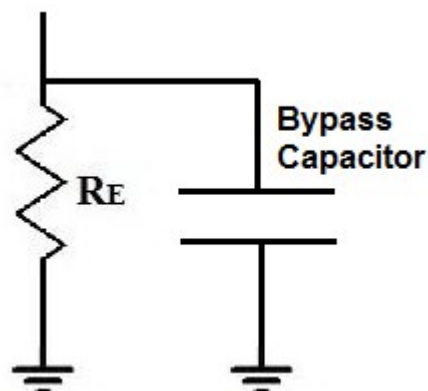
Valor típico: 10 kΩ (equilibrio entre consumo de corriente y inmunidad al ruido)

6.3 Decoupling (Bypass Capacitors)

Los circuitos integrados digitales (microcontroladores, memorias) consumen picos de corriente en cada transición de estado (0 → 1 o 1 → 0).

Sin capacitor de desacoplamiento: El voltaje de alimentación "cae" (droop) durante el pico, causando funcionamiento errático.

Solución: Capacitor cerámico de 100nF (0.1μF) entre Vcc y GND, lo más cerca posible del chip.



7. TIPOS DE CIRCUITOS

7.1 Serie vs. Paralelo

Característica	Serie	Paralelo
Corriente	Igual en todos los elementos	Se divide entre ramas
Voltaje	Se suma entre elementos	Igual en todos los elementos
Ejemplo digital	LEDs en serie (misma corriente)	LEDs independientes con su propia R

Regla práctica: En digital, las entradas de compuertas lógicas se conectan en paralelo (mismo voltaje, cada una con su propia impedancia).

8. ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Actividad 1: Cálculo con Ley de Ohm

Un circuito tiene una resistencia de 10Ω y una corriente de 2A. Calcula:

- a) El voltaje aplicado
- b) La potencia disipada
- c) La energía consumida en 1 hora (en J y kWh)

Solución:

- a) $V = I \times R = 2A \times 10\Omega = 20V$
- b) $P = V \times I = 20V \times 2A = 40W$
- c) $E = 40W \times 3600s = 144,000 J = 0.04 kWh$

Actividad 2: Diseño de circuito con LED

Diseña el circuito para conectar un LED azul ($V_f = 3.2V$, $I_f = 20mA$) a una fuente de 9V. Calcula:

- a) Resistencia necesaria
- b) Potencia que disipa la resistencia
- c) ¿Qué pasa si conectas el LED sin resistencia?

Solución:

- a) $V_R = 9V - 3.2V = 5.8V$; $R = 5.8V / 0.02A = 290\Omega \rightarrow$ usar 330Ω estándar
- b) $P = (0.02)^2 \times 330 = 0.132W \rightarrow$ resistencia de $1/4W$ es suficiente
- c) Corriente excesiva $\rightarrow$ LED quemado, posible daño a la fuente

Actividad 3: Identificación de elementos

Clasifica como activo/pasivo y dependiente/independiente:

Elemento	Clasificación	Justificación
Batería de 9V	Activo, independiente	Genera energía, valor fijo
Fuente de corriente de 5A	Activo, independiente	Genera energía, valor fijo
Condensador de $10\mu F$	Pasivo	Almacena energía, no genera
Fuente de voltaje $V = 3 \times I_x$	Activo, dependiente	Genera energía, valor depende de corriente externa
Resistencia de $1k\Omega$	Pasivo	Disipa energía

Actividad 4: Cálculo de consumo energético

Un televisor de 120W está encendido 8 horas diarias. Calcula:

- a) Consumo diario en kWh
- b) Costo mensual (30 días) si el kWh cuesta \$0.15

Solución:

- a) $E = 120W \times 8h = 960 Wh = 0.96 kWh$
- b) Costo = $0.96 kWh \times 30 \times \$0.15 = \$4.32$ mensuales

Actividad 5: Diseño de entrada digital (NUEVA)

Diseña un circuito con pulsador para una entrada de Arduino que:

- Por defecto esté en LOW
- Al presionar esté en HIGH
- Limite la corriente a menos de 1mA cuando se presiona

Pistas:

- Usa configuración pull-down
- Calcula R para limitar corriente: $I = V/R \rightarrow R = 5V/0.001A = 5k\Omega$
- Valor comercial: $4.7k\Omega$ o $10k\Omega$

9. RESUMEN DE CONCEPTOS CLAVE

Concepto	Símbolo	Unidad	Fórmula clave	Aplicación digital
Carga	Q	Coulomb (C)		Base de la información
Corriente	I	Amperio (A)	$I = Q/t$	Límite de pines de μC
Voltaje	V	Voltio (V)		Niveles lógicos 0/1
Resistencia	R	Ohmio (Ω)	$R = V/I$	Protección de LEDs
Ley de Ohm			$V = I \times R$	Cálculo fundamental
Potencia	P	Vatio (W)	$P = V \times I$	Disipación térmica
Energía	E	Joule/kWh	$E = P \times t$	Autonomía de baterías
Capacitancia	C	Faradio (F)	$I = C(dV/dt)$	Desacoplamiento
Inductancia	L	Henrio (H)	$V = L(dI/dt)$	Fuentes switching

Resistencias

Valores comerciales de resistencias

x 1	x 10	x 100	x 1.000 (K)	x 10.000 (10K)	x 100.000 (100K)	x 1.000.000 (M)
1 Ω	10 Ω	100 Ω	1 K Ω	10 K Ω	100 K Ω	1 M Ω
1,2 Ω	12 Ω	120 Ω	1K2 Ω	12 K Ω	120 K Ω	1M2 Ω
1,5 Ω	15 Ω	150 Ω	1K5 Ω	15 K Ω	150 K Ω	1M5 Ω
1,8 Ω	18 Ω	180 Ω	1K8 Ω	18 K Ω	180 K Ω	1M8 Ω
2,2 Ω	22 Ω	220 Ω	2K2 Ω	22 K Ω	220 K Ω	2M2 Ω
2,7 Ω	27 Ω	270 Ω	2K7 Ω	27 K Ω	270 K Ω	2M7 Ω
3,3 Ω	33 Ω	330 Ω	3K3 Ω	33 K Ω	330 K Ω	3M3 Ω
3,9 Ω	39 Ω	390 Ω	3K9 Ω	39 K Ω	390 K Ω	3M9 Ω
4,7 Ω	47 Ω	470 Ω	4K7 Ω	47 K Ω	470 K Ω	4M7 Ω
5,1 Ω	51 Ω	510 Ω	5K1 Ω	51 K Ω	510 K Ω	5M1 Ω
5,6 Ω	56 Ω	560 Ω	5K6 Ω	56 K Ω	560 K Ω	5M6 Ω
6,8 Ω	68 Ω	680 Ω	6K8 Ω	68 K Ω	680 K Ω	6M8 Ω
8,2 Ω	82 Ω	820 Ω	8K2 Ω	82 K Ω	820 K Ω	8M2 Ω
						10M Ω

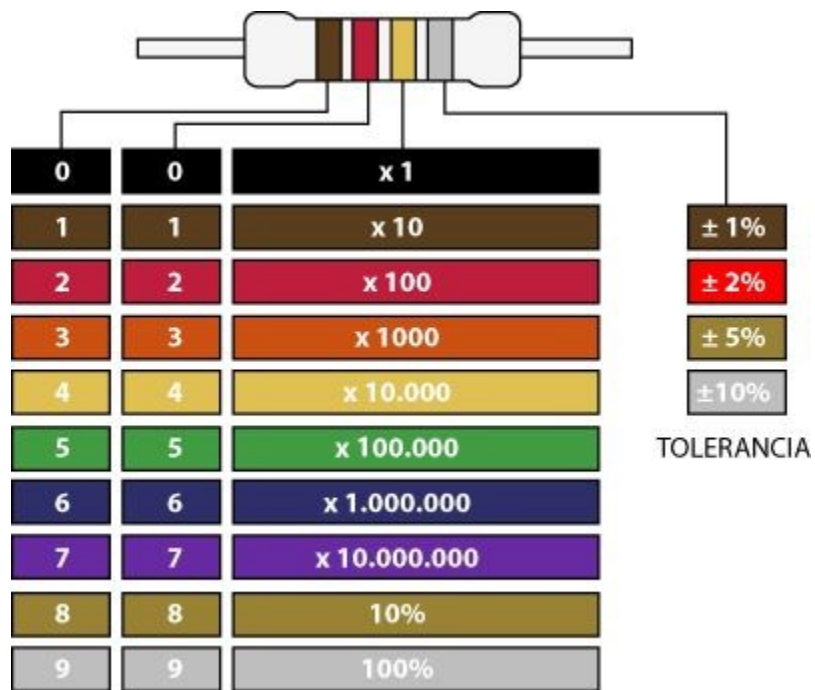
Las resistencias eléctricas se fabrican principalmente de materiales con alta resistividad, siendo los más comunes la película de carbono, película metálica, óxidos metálicos, nicromo y materiales cerámicos. Dependiendo del tipo, utilizan carbón mezclado con aglutinante, o alambres enrollados de aleaciones (níquel-cromo) sobre un núcleo aislante para limitar el flujo de corriente.

Los materiales varían según el tipo de resistencia:

- Resistencias de composición de carbono: Mezcla de polvo de carbono o grafito y un aislante (arcilla/cerámica).
- Resistencias de película metálica/óxido: Fina capa de metal u óxido metálico (como níquel-cromo) sobre un núcleo cerámico.
- Resistencias bobinadas (alambre): Alambre de aleaciones como nicromo, tungsteno o níquel enrollado.
- Componentes estructurales: El núcleo suele ser cerámico, y el exterior puede estar cubierto de pintura, resina o plástico para aislamiento.

Materiales como el acero, cobre, titanio o incoloy se utilizan en resistencias industriales por su durabilidad y capacidad de soportar altas temperaturas.

Potencia: Las más comunes para uso general son de (1/4W) ((0.25W)), seguidas de (1/8W), (1/2W), (1W) y (2W).

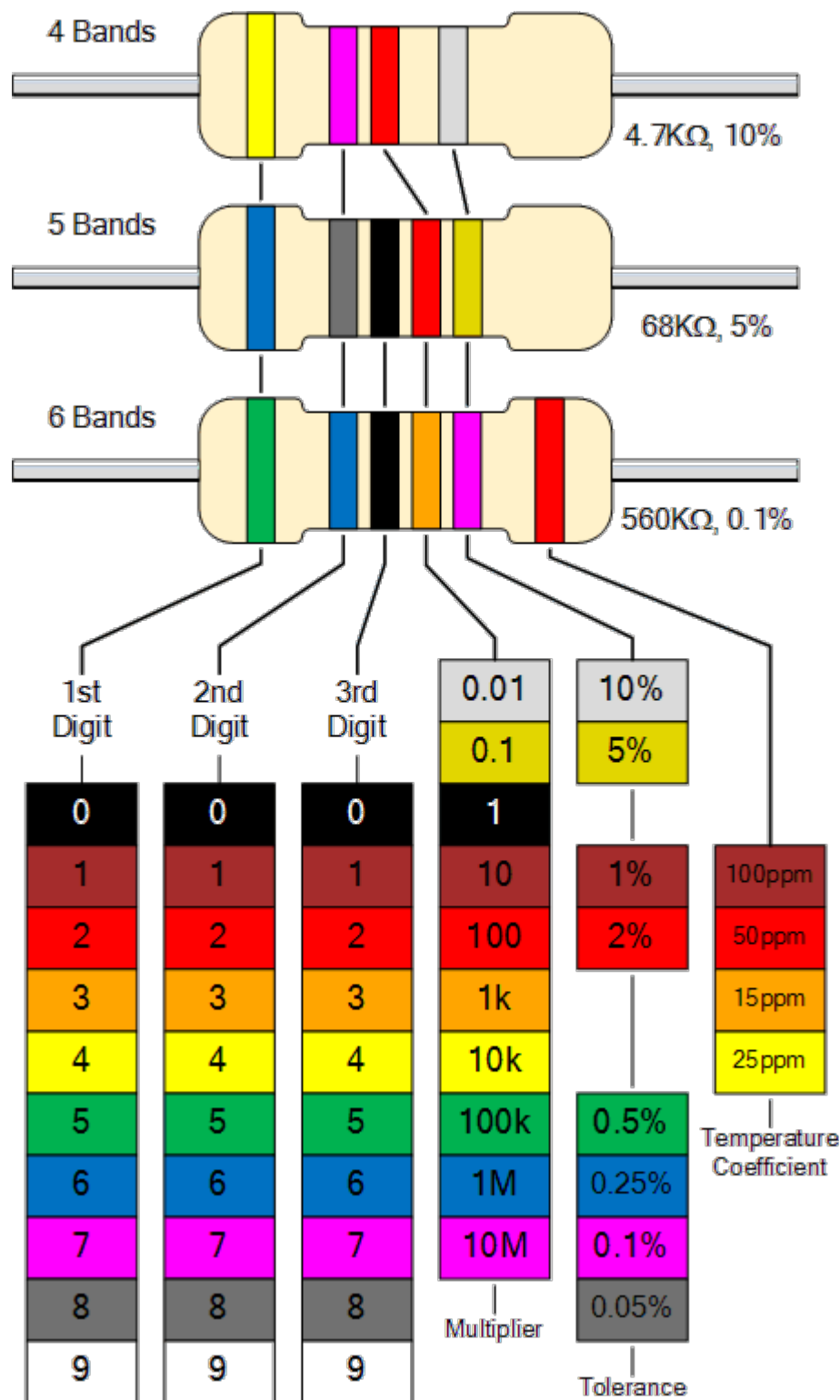


Ejemplo: Una resistencia con bandas Rojo-Violeta-Naranja-Dorado

Rojo (2) - Violeta (7) - Naranja ($\times 10^3$) - Dorado ($\pm 5\%$)

Valor: $27 \times 10^3 \Omega = 27 \text{ k}\Omega \pm 5\%$

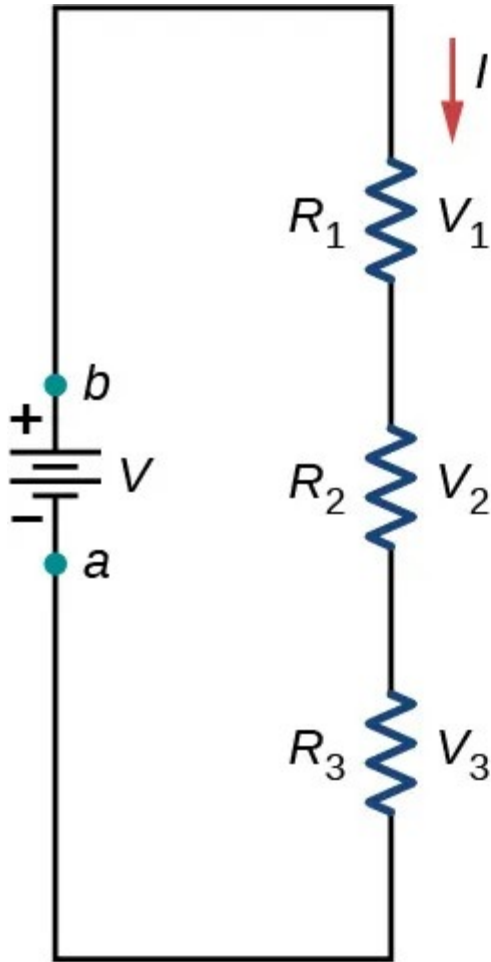
https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res_2.html



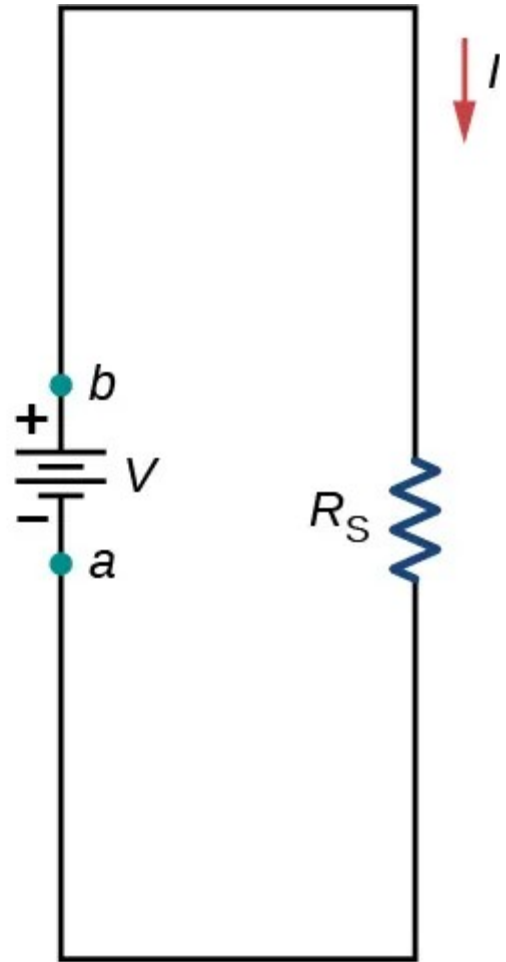
Resistencias en Serie

Dos o más resistencias están en serie cuando la corriente que sale de una entra directamente en la siguiente. Hay un solo camino para la corriente.

Circuito serie típico:



(a) Circuito original



(b) Circuito equivalente

Características clave

- Corriente: Igual en todas las resistencias: $I(\text{total}) = I(1) = I(2) = I(3)$
- Voltaje: Se suma: $V(\text{total}) = V(1) + V(2) + V(3)$
- Resistencia total: $R(\text{equivalente}) = R(1) + R(2) + R(3)$

Entonces:

Aplicando Ley de Ohm a cada resistencia:

- $V(1) = I / R(1)$
- $V(2) = I / R(2)$

$$- V(3) = I / R(3)$$

Voltaje total de la fuente:

$$V(\text{total}) = V(1) + V(2) + V(3) = I / R(1) + I / R(2) + I / R(3) = I / (R(1) + R(2) + R(3))$$

Por lo tanto:

$$R(\text{equivalente}) = R(1) + R(2) + R(3)$$

Ejemplo

Tres resistencias en serie: $R(1) = 100\Omega$, $R(2) = 220\Omega$, $R(3) = 470\Omega$ conectadas a 12V.

Calcular:

- Resistencia equivalente
- Corriente total
- Voltaje en cada resistencia

Calcular resistencia equivalente

$$R(\text{equivalente}) = 100 + 220 + 470 = 790\Omega$$

Calcular la corriente total (Ley de Ohm)

$$I = V / R(\text{equivalente}) = 12V / 790\Omega = 15.2mA$$

Calcular voltaje en cada resistencia (divisor de voltaje)

$$V(1) = I / R(1) = 15.2mA / 100\Omega = 1.52V$$

$$V(2) = I / R(2) = 15.2mA / 220\Omega = 3.34V$$

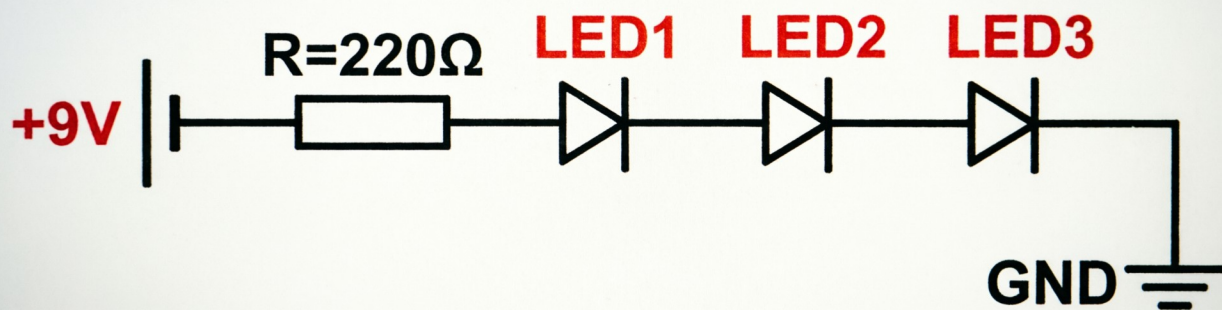
$$V(3) = I / R(3) = 15.2mA / 470\Omega = 7.14V$$

Verificación:

$$1.52 + 3.34 + 7.14 = 12V\$ \checkmark$$

Concepto clave: En serie, la resistencia más grande "se lleva" la mayor parte del voltaje.

Aplicación práctica: LEDs en serie



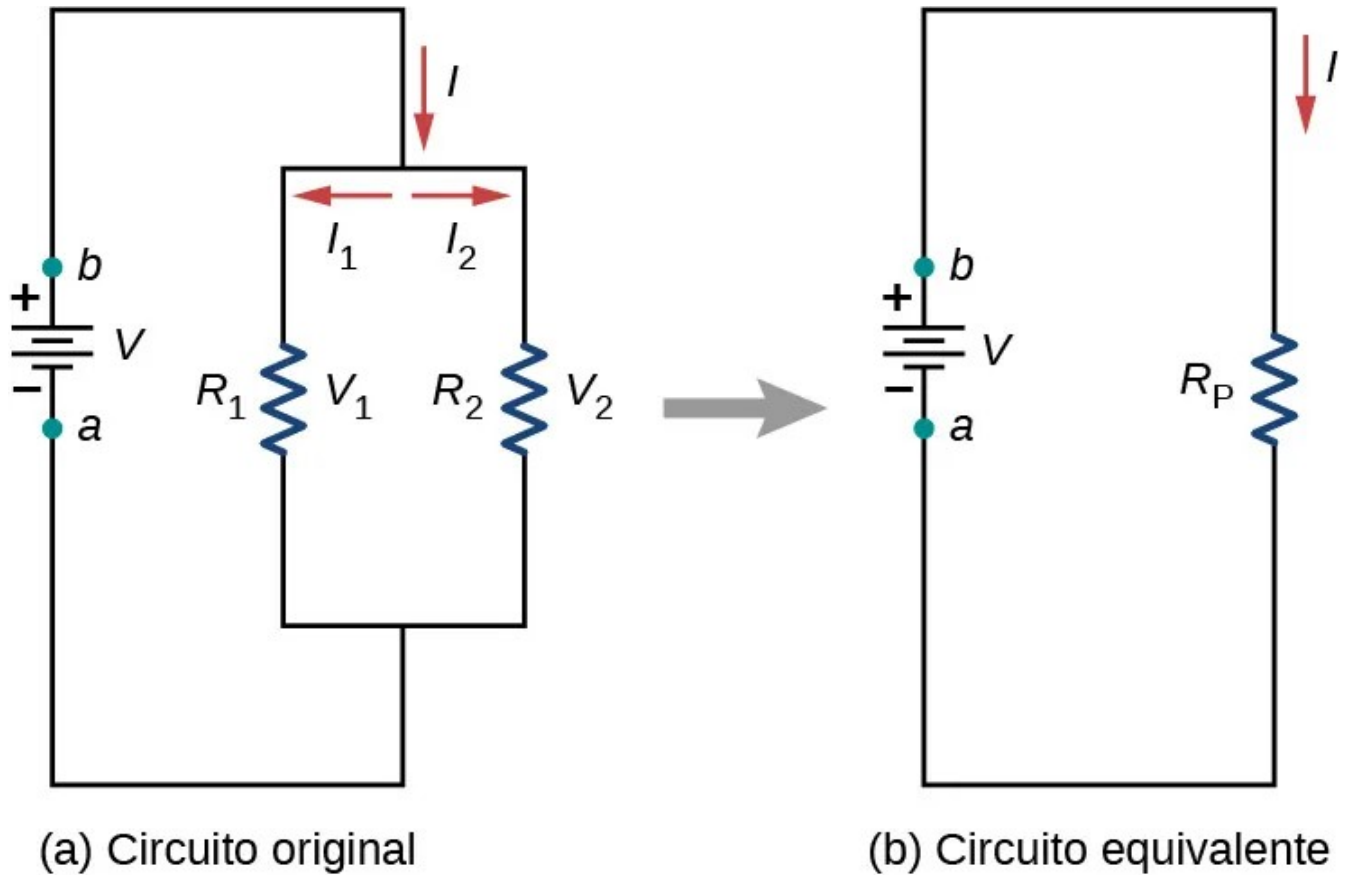
- Caída total en LEDs: 6V, cada led consume 2V
- Sobran 3V para la resistencia
- Corriente: $I = 3V / 220\Omega = 13.6mA$ (adecuada para los 3 LEDs)

Ventaja: Misma corriente exacta en todos los LEDs = mismo brillo.

Resistencias en Paralelo

Dos o más resistencias están en paralelo cuando sus terminales están conectados a los mismos puntos, ofreciendo caminos alternativos para la corriente.

Circuito paralelo típico:



Características clave

- Voltaje: Igual en todas las resistencias: $V(\text{total}) = V(1) = V(2) = V(3)$
- Corriente: Se suma: $I(\text{total}) = I(1) + I(2) + I(3)$
- Resistencia total $1/R(\text{equivalente}) = 1/R(1) + 1/R(2) + 1/R(3)$

Por conservación de carga en el nodo:

$$I(\text{total}) = I(1) + I(2) + I(3)$$

Aplicando Ley de Ohm a cada rama:

$$V/R(\text{equivalente}) = V/R(1) + V/R(2) + V/R(3)$$

Dividiendo todo entre V :

$$1/R(\text{equivalente}) = 1/R(1) + 1/R(2) + 1/R(3)$$

Fórmula simplificada para 2 resistencias

$$R(\text{equivalente}) = (R(1) \times R(2)) / (R(1) + R(2))$$

Ejemplo

Tres resistencias en paralelo: $R(1) = 1k\Omega$, $R(2) = 2k\Omega$, $R(3) = 2k\Omega$, conectadas a 12V.

Calcular

- Resistencia equivalente
- Corriente total
- Corriente en cada rama

Calcular resistencia equivalente

$$1/R(\text{equivalente}) = 1 / R(1) + 1 / R(2) + 1 / R(3)$$

$$1/R(\text{equivalente}) = 1 / 1000\Omega + 1 / 2000\Omega + 1 / 2000\Omega$$

$$R(\text{equivalente}) = 2000 / 4 = 500\Omega$$

Observación: La resistencia equivalente es menor que la más pequeña de todas.

Calcular corriente total

$$I(\text{total}) = 12V / 500\Omega = 24mA$$

Calcular corriente en cada rama

- $I(1) = 12V / 1000\Omega = 12mA$
- $I(2) = 12V / 2000\Omega = 6mA$
- $I(3) = 12V / 2000\Omega = 6mA$

Verificación: $12 + 6 + 6 = 24mA$ ✓

Concepto clave: La rama con menor resistencia lleva más corriente.

Comparación Directa y Casos Especiales

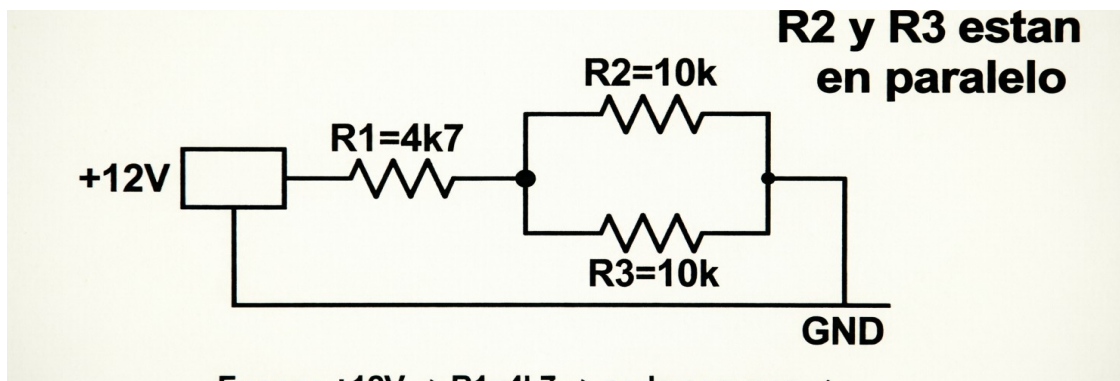
Aspecto	Serie	Paralelo
R(equivalente) vs resistencias individuales	Mayor que la más grande	Menor que la más pequeña
Si una resistencia se abre	Todo el circuito se abre	Las demás siguen funcionando
Uso típico en sistemas	Divisores de voltaje, LEDs	Distribución de carga, redundancia

Casos especiales importantes

- 1 Resistencias iguales en paralelo
 - 1.1 Si tenemos 2 resistencias de R: $R(\text{eq}) = R/2$
 - 1.2 Si tenemos 3 resistencias de R: $R(\text{eq}) = R/3$
 - 1.3 Si tenemos 4 resistencias de R: $R(\text{eq}) = R/4$
 - 1.4 Si tenemos n resistencias de R: $R(\text{eq}) = R/n$
- 2 Resistencia muy grande en paralelo con una pequeña
 - 2.1 Si tenemos una resistencia de $1\text{k}\Omega$ en paralelo con $1\text{M}\Omega$: $R(\text{equivalente}) \approx 999\Omega \approx 1\text{k}\Omega$
 - 2.2 Regla: La resistencia pequeña "domina"
- 3 Circuito mixto (serie-paralelo)

Estrategia: Simplificar paso a paso, de adentro hacia afuera.

Ejercicio 1



Preguntas:

1. ¿Qué configuración es esta?
2. Calcula $R(\text{equivalente})$
3. Calcula la corriente total
4. Calcula el voltaje en $R1$

Solución:

1. $R(2||3) = (10\text{k} \times 10\text{k}) / (10\text{k} + 10\text{k}) = 5\text{k}\Omega$
2. $R(\text{eq}) = 4.7\text{k} + 5\text{k} = 9.7\text{k}\Omega$
3. $I(\text{total}) = 12\text{V} / 9.7\text{k}\Omega = 1.24\text{mA}$
4. $V(R1) = 1.24\text{mA} \times 4.7\text{k}\Omega = 5.83\text{V}$

Ejercicio 2: Diseño (10 min en parejas)

Problema: Necesitas crear una resistencia equivalente de exactamente $3.3\text{k}\Omega$ usando resistencias de valores comerciales (1k , $2\text{k}2$, $4\text{k}7$, 10k).

Tarea para la casa

****Problema 1:**** Calcula R_{eq} del siguiente circuito:

...

+5V ---[R1=1k]---+---[R2=2k2]---+--- GND

|

+---[R3=3k3]---+

|

+---[R4=4k7]---+

...

****Problema 2:**** Diseña un divisor de voltaje que entregue 2.5V desde 5V, con corriente total de 1mA.
¿Qué resistencias usas?

****Problema 3:**** Investiga: ¿Por qué las luces navideñas antiguas (en serie) se apagaban todas si un solo foco se quemaba?

📄 Material de Apoyo para el Profesor

Respuestas tarea

****Problema 1:****

- R2, R3, R4 están en paralelo: $\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{2.2} + \frac{1}{3.3} + \frac{1}{4.7} = 0.454 + 0.303 + 0.213 = 0.97$ mho
- $R_{234} = 1.03k\Omega$
- $R_{eq} = 1k + 1.03k = 2.03k\Omega$

****Problema 2:****

- $R_{total} = 5V / 1mA = 5k\Omega$
- Divisor: $V_{out} = 5V \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2.5V$
- Entonces $R_1 = R_2 = 2.5k\Omega$ cada una
- Valores comerciales: 2.2kΩ o 2.7kΩ (ajustar para 2.5V exacto)

****Problema 3:**** En serie, la corriente es la misma. Si un foco se abre, se interrumpe el circuito. Las modernas usan paralelo o tienen bypass interno.

11. Glosario

TTL (Transistor-Transistor Logic) y CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) son las dos principales familias lógicas en electrónica digital. TTL usa transistores bipolares, siendo rápido pero consumiendo más energía. CMOS usa MOSFETs, ofreciendo muy bajo consumo, mayor densidad y mejor inmunidad al ruido, siendo el estándar moderno preferido.